

V TOMTO SEŠITĚ

| | |
|---------------------------------|----------|
| T. I. S. '96 | 201 |
| APLIKOVANÁ ELEKTRONIKA | |
| Napájecí zdroje a zvonky | |
| s L200 | 203 |
| s LT1087 | 204 |
| se SAE800 | 205 |
| Nf zesilovače | |
| s LM1036 | 205, 207 |
| s NE5534 | 208 |
| s TDA1512A, 1519A | 210 |
| s 1520B | 211 |
| s TDA7350 | 212 |
| s TDA7262 | 213, 214 |
| Napáječ C pro zesilovače | 215 |
| s TDA2040 | 216 |
| s TDA2050, 1514A | 217 |
| s TDA7264 | 218 |
| s LM3876 | 219 |
| s TDA7250 | 220 |
| Napájecí zdroj D | 222 |
| Praktické zkušenosti | 223 |
| Světelné efekty | |
| Barevná hudba E | 225 |
| Barevná hudba F | 228 |
| Barevná hudba G | 231 |
| Barevná hudba H | 234 |
| Praktické zkušenosti | 237 |
| Inzerce | 237-239 |

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.

Redakce: Dlážďená 4, 110 00 Praha 1, tel.: 24 21 11 11 - I. 295, tel./fax: 24 21 03 79.

Šéfredaktor Luboš Kalousek, sekretářka redakce Tamara Trnková.

Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 20 Kč. Pololetní předplatné 60 Kč, celoroční předplatné 120 Kč.

Rozšiřuje PNS a. s., Transpress s. s. r. o., Mediaprint a Kapa, soukromí distributoři. Informace o předplatném podá objednávky přijímá Amaro s. s. r. o., Dlážďená 4, 110 00 Praha 1, tel./fax 24 21 1111, I. 284, PNS, pošta, doručovatel.

Objednávky a předplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava, tel./fax (07) 213 644 - predplatné, (07) 214 177 - administratíva. Predplatné na rok 149,- SK.

Podávání novinových zásilek povolila jak Česká pošta s. p., OZ Praha (čj. nov 6028/96 ze dne 1. 2. 1996), tak RPP Bratislava, čj. 724/96 ze dne 22. 4. 1996).

Inzerce v ČR přijímá redakce, Dlážďená 4, 110 00 Praha 1, tel.: 24 21 11 11 - linka 296, tel./fax: 24 21 03 79.

Inzerce v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./fax (07) 214 177.

Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor. Nevýžádané rukopisy nevracíme.

ISSN 1211-3557

© AMARO spol. s r. o.

4. mezinárodní konference a výstava telekomunikačních a informačních systémů v Žiline T. I. S. 96

V dnech 3. až 9. septembra 1996 sa uskutočnila v žilinskom Dome techniky 4. mezinárodní výstava telekomunikačních a informačních systémů T. I. S. 96 a zároveň mezinárodní konference. Organizátorem tohto významného podujatia bol Dom techniky v Žiline, Slovenské telekomunikácie š. p. a Vysoká škola dopravy a spojov v Žiline.

V tomto ročníku mali možnosť vystavovatelia po prvýkrát vystavovať aj v susednej športovej hale. Využili ju hlavne zahraniční vystavovatelia. 67 vystavovateľov vystavovalo na ploche 26 000 m². A to už v dvojnásobnom počte zastupovaných firiem a spoločností. Pravidelnými vystavovateľmi, ktorí nemôžu chýbať, sú České telekomunikácie.

Hlavným zástupcom z Českej republiky bola TTC TESLA Telekomunikace s. r. o. a TTC MARCONI s. r. o. Tieto najväčšie spoločnosti sa predstavili digitálnymi telekomunikačnými systémami z vlastného vývoja ako aj produkciami zahraničných partnerov. Boli to hlavne spojovacie systémy pre podnikové siete, prenosové systémy PCM a HDSL, pobočkové ústredne Mitel a TAM, telefónne prístroje Concorde atď. Ďalej to boli komplexné služby pre zákazníkov: spracovanie projektov, inštalácie, servis a technická podpora.

Sesterská firma TTC Marconi kompletuje a dodáva z výrobkov TTC a Marconi Group, ale i komponentov od iných výrobcov prenosové systémy pre prístupové siete

Slovenské telekomunikácie sa prezentovali so svojou ponukou: sú to prenosy všetkých druhov telekomunikačných signálov, správ, informácií po JTS, šírenie rozhlasových, televíznych a ostatných komunikačných signálov, ako i stavebné a inžinierske práce v obore telekomunikácií.

Slovenské telekomunikácie OZ Radiokomunikácie sú na Slovensku najperspektívnejšie sa rozvíjajúcim podnikom v obore telekomunikácií. Zabezpečujú rozhlasové vysielanie AM, FM, televízne vysielanie, prenos dát rádioreléovými spojmi, mobilné rádioreléové prenosy a rôzne montáže anténnych systémov. Vystavovali aj OZ Telemont a OZ Technická ústredňa telekomunikácií.

Ďalším významným vystavovateľom bola firma MOTOROLA ECID z Veľkej Británie, ktorá je známa svojimi aktivitami vo výstavbe celulárnych sietí. Európska divízia bunkovej infraštruktúry firmy MOTOROLA ECID je zodpovedná za vývoj, marketing, inštaláciu a podporu sieťových bunkových systémov v Európe a cez divíziu produktov GSM za výrobu digitálnych produktov, systémov a technológií pre celosvetové trhy.

Výstavy sa tradične zúčastňuje firma ERICSSON Slovakia s. r. o., ktorá je dcérskou spoločnosťou švédskeho telekomunikačného koncernu ERICSSON. Koncern posky-



SDH, rádioreléové siete, automatizované systémy príkazov a poskytuje rôzne poradenské služby.



tuje komplexné telekomunikačné dodávky a služby.

Vystavovateľom a tiež sponzorom výstavy bola francúzska spoločnosť NORTEL EUROPE S. P. A., ktorá sa predstavila telekomunikačnými systémami a sieťami.

EuroTel Bratislava sa predstavil mobilnými telefónmi, ktoré predáva a prenajíma v rámci radiotelefonnej siete systémom NMT 450, v skúšobnej prevádzke predvádzal tiež radiotelefonne prístroje systému GSM. Tiež sprostredkováva satelitnú komunikáciu Internet.

Tradičným vystavovateľom býva i Siemens, ktorý sa v tomto roku predstavil digitálnym elektronickým systémom EWDS, prenosovou technikou SHD (STM I-STM I6) a PDH (2,8 a 34 Mbit na optických a medených kábloch, HDSL).

V areáli výstavy sa predstavili aj firmy HEWLETT-PACKARD a SEBA

DYNATRONIC, ktorí vystavovali svoje výrobky v autobusoch (mobilné pracoviská).

V rámci výstavy sa uskutočnila konferencia T. I. S. 96. Počas výstavy sa na nej v sympoziálnej sále prezentovali jednotlivé firmy. Témami boli pokrokové technológie - bezdrôtové komunikácie vo verejne prístupných sieťach, informácie o globálnych informačných spoločnostiach ale i o riadení a zvyšovaní kvalifikácie pracovníkov v telekomunikáciách.

Výstava umožnila zoznámiť sa s novými odbornými poznatkami i zariadeniami z oblasti telekomunikácií. Prínosom bola účasť zahraničných firiem a spoločností zo susedných štátov, ktoré okrem vystavovania uzavierali aj obchodné kontrakty.

Ďalší ročník medzinárodnej výstavy sa uskutoční o dva roky.

Text a foto

František Bukovinský, OM3TU



Vážení čtenáři,

setkáme se letos naposledy na stránkách Konstruktční elektroniky. Především bychom Vám chtěli poděkovat za přízeň, kterou jste dosud časopisu věnovali a za druhé bychom Vás chtěli informovat o náplni jednotlivých čísel příštího ročníku Konstruktční elektroniky ARadia.

Tak tedy: Pro č. 1 jsme připravili popis konstrukce mikroprocesorem řízeného osmipásmového ekvalizéru a nf koncového zesilovače, pro další čísla Zajímavá a praktická zapojení, Druhy, použití a konstrukce napájecích zdrojů, Mikropočítač/terminál do kapsy, Počítačová simulace elektronických obvodů a konečně volné po-

kračování Konstruktční elektroniky z letošního č. 3 (aplikace operačních zesilovačů).

Těšíme se, že se i v příštím roce budeme pravidelně setkávat na těchto stránkách a předem děkujeme za všechny podněty pro naši další práci.

Mnoho úspěchů a zdraví v roce 1997 všem přeje redakce.

Vážení předplatitelé (současní i budoucí),

pro naše předplatitele jsme se rozhodli uspořádat **SOUTĚŽ o ceny.**

Do slosování budou zařazeni všichni, kteří si objednali a uhradili složenkou nebo na účet do 10. ledna předplatné na 12 čísel PE nebo na 6 čísel KE (tj. roční předplatné) v administraci AMARO (Dlážděná 4, 110 00 Praha 1, tel. /02/ 24211111, l. 284). Totéž platí pro všechny předplatitele, kteří si již v minulosti oba naše časopisy v administraci AMARO předplatili a jimž přechází předplat-

né do roku 1997 (pro oba časopisy platí totiž tzv. „klouzavé“ předplatné). Losovat se bude 15. 1. 1997 v redakci.

Vylosujeme deset výherců, kteří se podělí o tyto ceny:

1. cena: CB radiostanice ELIX Dragon SY-101.
2. cena: CB radiostanice DNT RALLYE.
3. cena: CB radiostanice DNT FORMEL 1.
4. a 5. cena: celoroční předplatné časopisů Praktická a Konstruktční elektronika.
6. až 10. cena: celoroční předplatné časopisů Praktická elektronika A Radio.

Výherci budou zveřejněni v č. 3/97. Výhercům předplatného bude před-

platné vráceno. Ceny do soutěže dodala firma ELIX.

Věříme, že *touto* naší akcí přispějeme k dalším výhodám předplatného obou časopisů ARadio, Praktické i Konstruktční elektroniky, kterými jsou především výrazná sleva pro celoroční předplatitele, poštovné zahrnuto v ceně časopisu a nezanedbatelné je i to, že každý měsíc budete pravidelně dostávat do Vaší schránky čtení, které jste až doposud museli mnohdy obtížně shánět.

Těšíme se na další spokojené zákazníky.

Administrace

Objednací lístek pro předplatné je na poslední straně tohoto čísla.

Aplikovaná elektronika

Ing. Zdeněk Zátopek

Úvod

Snahou tohoto čísla Konstruktční elektroniky A Radia je poskytnout několik zajímavých konstrukcí, které dokáží velice příjemnit volné chvíle, způsobit radost při „bastlení“ a oživování nejrůznějších konstrukcí radioamatérů a nebo i začínajících a domácích kutilů.

V dnešním uspěchaném světě a při prudkém rozvoji elektroniky je velice obtížné se orientovat a vybrat tu nejvhodnější, nejjednodušší a nejrychleji oživitelnou konstrukci. Přesto mezi nejvíce vyhledávané oblasti elektronických konstrukcí mezi radioamatéry patří oblast nf techniky a nejrychlejších měření fyzikálních veličin.

Na trhu se objevují neustále nové a nové polovodičové součástky, z nichž největší „nárůst“ zaznamenávají integrované obvody. Jejich aplikace jsou nesmírně široké a není snad oblast elektroniky, v níž použití integrovaných obvodů není zaznamenáno. Dostupnost všech, mnohdy i speciálních integrovaných obvodů pro českého konstruktéra přestává být po určité stagnaci distribuční sítě problémem a je jen věcí odvahy a citu konstruktéra při konstrukci zařízení nové součástky vhodně použít. Na škodu věci je jen to, že katalogy a souhrny aplikačních zapojení jsou pro mnohé nadšence elektroniky téměř nedostupnou záležitostí, ať již z důvodu neshodného shánění katalogů či aplikačních listů nebo jejich značné ceny.

Tuto skutečnost potvrzují některé především menší distribuční elektronické firmy, které nové součástky nabízejí zákazníkům bez patřičných informací o jejich parametrech, vnitřní struktuře nebo aplikačních zapojeních. Je pak jen na konstruktérovi-amatérovi (často i profesionálovi), kde si patřičné informace (a ne právě levné) obstará a pak zužitkuje ve svých konstrukcích. Nově nabízené součástky mají obvykle úzký rozptyl parametrů a proto většinou není nutné při jejich ožívování příliš experimentovat a ve většině případů „šlapou“ na první osazení.

Další podstatnou výhodou u nových součástek je, že opět obvykle vyžadují použít při ožívování konstrukcí jen minimum přístrojového vybavení amatérské dílny, pokud se konstruktér spokojí s parametry, které zaručuje

výrobce polovodičových součástek v aplikačním zapojení. Jestliže by však bylo třeba obvod důkladně proměřit, bylo by nutné použít příslušné měřicí přístroje - náklady na jejich pořízení by však byly značné a asi by přesáhly možnosti amatérských konstruktérů. Proto jsou dále uvedené konstrukce voleny tak, aby se dala použít standardní mikropájčka pro osazení a zapájení použitých součástek, a běžný digitální multimetr ke kontrole stejnosměrných napětí a proudů v příslušných obvodech.

Osazení desek s dále popisovanými obvody a jejich oživení by průměrně zručnému amatérovi nemělo trvat více než 2 hodiny. Možná, že se bude některým čtenářům zdát některá z konstrukcí svým způsobem technicky zastaralá a překonaná. V určitém ohledu by to mohla být i pravda, konstrukce jsem však vybíral tak, aby svou složitostí i cenou součástek odpovídaly možnostem i těch, kteří začínají, tj. tak, aby dokázaly vzbudit pozornost všech, od těch nejmladších až po ty nejstarší, kteří ještě živě pamatují např. germaniové diody a tranzistory. Rovněž minimum použitých součástek garantuje určitým způsobem spolehlivost zapojení a jeho bezchybnou funkčnost. Všechny předkládané konstrukce jsou stavěny modulově, aby bylo možno je vzájemně mezi sebou zaměňovat, případně obměňovat podle požadavků a přání uživatele. Při dodržení zásad kontroly při práci a při zevrubném proměření pasivních součástek a plošných spojů na desce budete s výsledky své práce rozhodně spokojeni a zůročíte tím čas a námahu při shánění součástek po nejrychlejších krámech.

Mnoho radosti při pročítání dalších řádků tohoto konstruktérského čísla a

ožívování stavebnic Vám upřímně přeje autor, jež si dal za cíl poskytnout širokému spektru čtenářů co nejvíce ucelených informací, uspořádaných do bloků (převážně z nízkofrekvenční techniky).

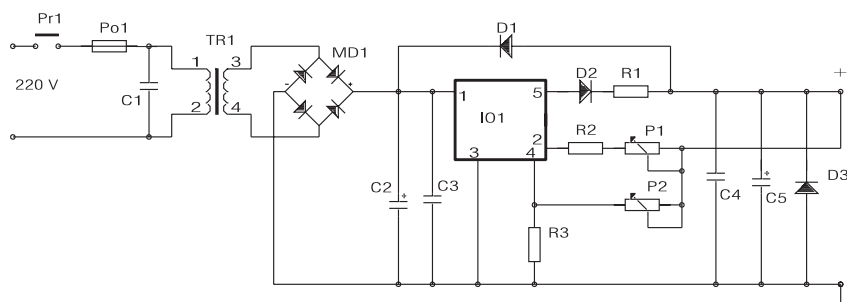
Napájecí zdroje a zvonky

Úkolem napájecího zdroje je poskytnout provozovanému zařízení pro něj vhodnou elektrickou energii a tím zabezpečit jeho bezpečný provoz po celou dobu jeho užívání. Tyto napájecí zdroje mohou být konstruovány s pevným výstupním napětím nebo s konstantním výstupním proudem. Jejich užití však není příliš univerzální - zdroje jsou ve většině aplikací navrhovány pro příslušná konkrétní zapojení obvodu. Větší variabilitu a univerzálnost mají napájecí zdroje, které mají možnost měnit některou z výstupních veličin, tj. napětí či proud v závislosti na potřebách připojeného zařízení nebo uživatele. Nejvhodnější a nejuniverzálnější jsou však napájecí zdroje, které dokáží uživatelsky měnit výstupní napětí a napájecí proud od minimální až po maximální velikost definovanou konstruktérem.

Stejnosměrný zdroj s L200

Tento napájecí zdroj se vyznačuje jednoduchostí zapojení a snadným nastavením požadovaných parametrů. Svými výstupními parametry, tj. výstupním regulovatelným stejnosměrným napětím 3 až 36 V a regulovatelným výstupním proudem (do 2 A) vyhovuje mnoha aplikacím i mimo rámec tohoto konstrukčního čísla.

Integrovaný stabilizátor L200 je zapouzdřen v pouzdru PENTAWATT a svými parametry je velice podobný stabilizátorům řady LM317 a LM723. Má vyveden vstup snímání proudové

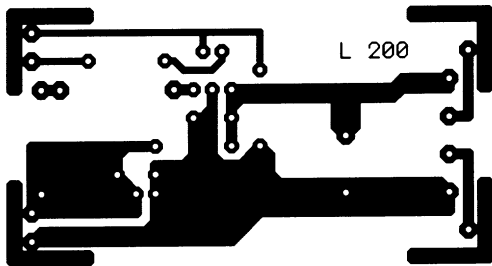


Obr. 1. Stabilizovaný říditelný zdroj s L200

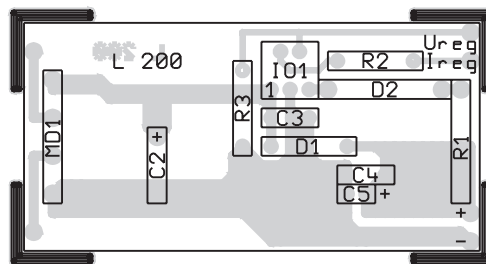
6
96

KONSTRUKČNÍ
ELEKTRONIKA
ARadio

203



Obr. 2, 3. Deska s plošnými spoji zdroje a její osazení součástkami. P1, P2, P3 jsou umístěny mimo desku



ho omezení a vnějšími součástkami lze proto výstupní proud plynule měnit od zvoleného minima až po zvolené maximum. Obvod je vybaven tepelnou pojistkou, která odpojí výstupní napětí, překročí-li teplota povrchu pouzdra asi 130 °C. Maximální vstupní napětí stabilizátoru je 40 V. Ke zvětšení spolehlivosti doporučuji nepřekročit vstupní napětí 38,5 V.

Schéma zapojení zdroje je na obr.1. Střídavé napětí z transformátoru TR1, který má sekundární střídavé napětí 24 V, je přiváděno na diodový můstek MD1. Usměrněné stejnosměrné napětí je filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C2 a keramickým kondenzátorem C3. Na primární straně transformátoru je zapojena trubičková pojistka Po1, kolébkový spínač s indikační svítivou diodou zelené barvy a odrušovací kondenzátor C1. Výstupní napětí je regulováno potenciometrem P2 a poměr odporu tohoto potenciometru a odporu rezistoru R3 určuje maximální výstupní stejnosměrné napětí.

K řízení výstupního proudu se využívá úbytku napětí na diodě D2 a rezistoru R1 při průchodu výstupního proudu obvodem. Řízení zabezpečuje potenciometr P1 a rezistorem R2 je nastaven nejmenší výstupní proud, je-li odpor odporové dráhy potenciometru P1 nulový. Největšímu odporu P1 odpovídá i největší výstupní proud.

Kondenzátory C4, C5 zmenšují výstupní šum a výstupní impedanci stabilizátoru. V obvodu jsou zapojeny ochranné diody D1 a D3. Diody ochraňují zapojení proti obrácené polaritě a proti připojení vnějšího napětí na výstupní svorky napáječe. Podle aplikačního zapojení výrobce a pro zmenšení parazitních kapacit je nutno připojit vývody z potenciometrů P1 a P2 rovnou na výstupní svorku.

Osazení desky s plošnými spoji (obr. 2 a 3) a oživení je bezproblémové. Při dodržení zásady, že sekundární napětí transformátoru nepřekročí 24 V, je možné změnou odporu rezistoru R3 nastavit maximální výstupní napětí. Potenciometr P1 je v nulové poloze. Při otáčení P2 (má lineární průběh) se lineárně zvětšuje výstupní napětí. Při proudové ochraně již není závislost nastavení omezení proudu lineární a je nutno použít potenciometr s jiným průběhem odporové dráhy.

Proudovou ochranu nastavíme tak, že na výstupní svorky připojíme sériovou kombinaci digitálního ampérmetru a rezistoru 2,2 Ω/10 W. Potenciometry P1 a P2 jsou v nulové poloze. Zapneme zdroj a pozvolna zvětšujeme výstupní napětí na 10 až 12 V potenciometrem P2. Pak začneme otáčet hřídelem potenciometru P1 a pozorujeme zvětšující se proud. Změnou odporu výkonového rezistoru R1 měníme velikost výstupního proudu. Výstupní proud by neměl v daném zapojení překročit 1,5 A. Nejmenší výstupní proud je dán odporem rezistoru R2.

Nakonec vyzkoušejte proudové omezení při maximálním výstupním napětí. Nezapomeňte před zkouškami upevnit stabilizátor na dostatečně robustní chladič. Výkonová ztráta stabilizátoru je velká a největší je při maximálním odebíraném proudu a minimálním výstupním napětí. Pro symetrická napájení koncových zařízení se použijí dva stabilizátory, u nichž se propojí svorka + jednoho zdroje a svorka - (0 V) druhého zdroje. Toto spojení slouží pak jako společná zem.

Seznam součástek

Polovodičové součástky

| | |
|--------|----------------------------------|
| MD1 | KBU4D, 4 A/200 V, diodový můstek |
| IO1 | L200, plastový stabilizátor |
| D1 | 1N4002, 1 A/200 V |
| D2, D3 | 1N5002, 3 A/200 V |

Ostatní součástky

| | |
|--------|--|
| C1 | 33 nF/630 V, TC 208 |
| C2 | kondenzátor svitkový 4,7 mF/40 V, elektrolytický kondenzátor |
| C3 | 10 µF/40 V, tantalový kondenzátor |
| C4, C5 | 100 nF/40 V, keramický kondenzátor |

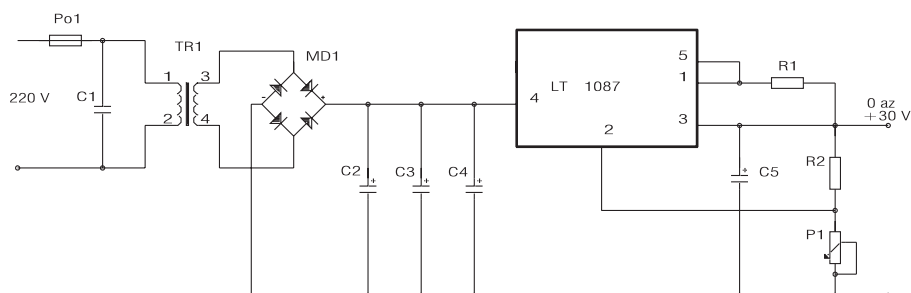
| | |
|-----|---|
| P1 | 5 kΩ/E, TP 160, potenciometr |
| P2 | 5 kΩ/N, TP 160, potenciometr |
| R1 | 1,1 Ω (2x 2,2 Ω/4 W), výkonový rezistor |
| R2 | 100 Ω/1 %/0,6 W, rezistor |
| R3* | 680 Ω, rezistor (nastavení U_{max}) |
| Po1 | 0,4 A, trubičková pojistka |
| Pr1 | P-DS850LED, kolébkový spínač |
| TR1 | EI25x32 mm/50 VA, 230 V/24 V |

deska s plošnými spoji, chladič, výstupní svorky, spojovací materiál, distanční sloupky

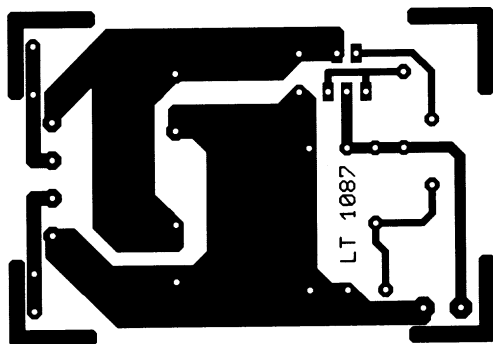
Napájecí zdroj s LT1087

Tento zdroj plynule regulovatelného napětí 0,5 až 30,0 V vyžaduje ke své činnosti minimum vnějších součástek. Schéma zapojení zdroje je na obr. 4. Na primární straně napájecího transformátoru je zapojena pojistka Po1 a odrušovací kondenzátor C1, společně s kolébkovým spínačem, který má integrovanou svítivou diodu zelené barvy. Střídavé napětí ze sekundárního vinutí transformátoru TR1 je usměrněno diodovým můstkem MD1. Toto tepavé stejnosměrné napětí je filtrováno elektrolytickými kondenzátory C2, C3 a C4. Vyhlazené stejnosměrné napětí je přiváděno na vývod č. 4 stabilizátoru napětí IO1, LT1087.

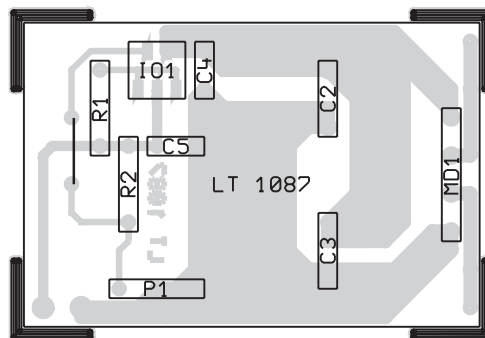
Integrovaný stabilizátor LT1087 se vyznačuje tím, že ke své správné činnosti vyžaduje mezi vstupním a výstupním napětím rozdíl jen 0,8 V. Výstupní proud může dosáhnout až 5 A. Pro zvětšení výstupního proudu na 10 A je možné uvedený stabilizátor (po menších konstrukčních úpravách) oproti standardnímu zapojení na 5 A)



Obr. 4. Stabilizovaný zdroj s LT1087



Obr. 5, 6. Deska s plošnými spoji napáječe s LT1087



zapojovat paralelně. Rozsah výstupního napětí je dán poměrem odporu odporové dráhy potenciometru P1 a odporu rezistoru R2

$$U_{\text{výst}} = U_{\text{ref}}(1 + P1/R2).$$

Pro zmenšení výstupní impedance (i zmenšení výstupního šumu) je na výstup IO1 (vývod č. 3) připojen elektrolytický tantalový kondenzátor C5. Vnitřní referenční napětí U_{ref} zdroje je 1,25 V a je využíváno obdobně jako u stabilizátorů řady 317, 337. Pro zajištění správné funkce vnitřních obvodů je mezi vývody č. 1 a č. 3 zapojen rezistor R1.

Deska s plošnými spoji je na obr. 5 a rozložení součástek na obr. 6. Oživení nebude činit žádné obtíže. Pokud chcete mít přesně nastavené maximální výstupní napětí 30,0 V, je nutné vzhledem k toleranci součástek použít na místě R1 odporový trimr 220 Ω . Při běžci potenciometru P1 (s lineárním průběhem odporové dráhy), nastaveném na maximální odpor (tj. maximální výstupní napětí zdroje), je pak třeba trimrem „doladit“ požadované výstupní napětí.

Proudové omezení tohoto stabilizátoru je vnitřně nastaveno na 7,5 A.

Zdroj s LT1087 se velice dobře hodí i jako zdroj napětí k nabíjení akumulátorových olověných baterií.

Nezapomeňte před začátkem zkoušek zdroje upevnit stabilizátor na dostatečně robustní chladič. Výkonová ztráta stabilizátoru je velká a největší je při maximálním odebíraném proudu a minimálním výstupním napětí, i když tento stabilizátor pracuje s malým úbytkem napětí.

Pro symetrické napájení koncových zařízení lze použít dva tyto stabilizátory, u nichž se pak propojí svorka + jednoho zdroje a svorka - (0 V) druhého zdroje. Toto spojení slouží jako společná „silová“ zem.

Seznam součástek

| | |
|--------|--|
| IO1 | LT1087, stabilizátor napětí |
| MD1 | KBU8M, diodový můstek 8 A/200 V |
| C2, C3 | 4,7 mF/40 V, elektrolytický kondenzátor |
| C4, C5 | 10 μ F/40 V, tantalový kondenzátor |
| C1 | 33 nF/630 V, svitkový kondenzátor TC 208 |
| R1 | 1 k Ω /0,6 W, rezistor |

| | |
|-----|---|
| R2* | 110 Ω /0,6 W, rezistor (nastavení U_{max}) |
| P1 | 2,5 k Ω /N, potenciometr EI40x40 mm, 230 V/24 V, 5 A |
| TR1 | 800 mA, trubičková pojistka 5x 20/F |

deska s plošnými spoji, distanční sloupky, chladič, silikonová vazelína

Pro měření a indikaci výstupního napětí lze použít měřidlo buď analogové, např. MP40 anebo MP80, případně digitální s integrovaným obvodem C520D nebo ICL7106. Napájecí napětí pro tyto obvody je možné odvodit z hlavního silového vinutí (sekundárního) transformátoru. Pro signalizační funkce přístroje je možné použít i svítivou diodu, vestavěnou mimo spínač.

Gong se SAE800

Mezi velice oblíbené oblasti radioamatérské činnosti patří nejrůznější konstrukce melodických zvonků a gongů. Popisovaný gong umí rozpoznat, z kterého tlačítka byl právě přiveden signál a podle toho „zahraje“ buď 3 údery gongu nebo jen údery 2.

Schéma zapojení je na obr. 7. Toto zapojení má jen dva nastavovací prvky. Trimrem R1 nastavujeme požadovaný zvuk gongu a trimrem R9 nastavíme 2 údery. Jiné nastavování není nutné a obvod dobře nahrazuje podobný IO nabízený firmou GM.

Gong dobře pracuje v běžných domovních rozvodech, v nichž se použí-

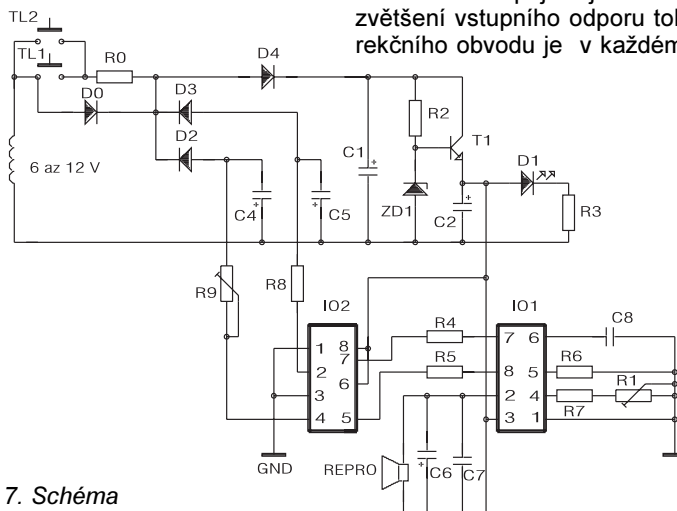
vá pro napájení zvonků centrální transformátor. Gong jako jednoduchou stavebnici dodává firma Phobos Ostrava buď s neosazenou a neoživenou deskou, nebo případně osazenou a oživenou za velice příjemnou cenu.

Nízkofrekvenční zesilovače

Korekční zesilovač s LM1036

Jako ukázkou korekčního zesilovače, který využívá ke svému řízení stejnosměrné napětí odebírané z vnitřního referenčního zdroje, je integrovaný obvod firmy National Semiconductor LM1036N. Je určen k použití v jakostních nf zesilovačích se vstupy pro tuner, gramo, CD, magnetofon a podobně. Obvod má v jednom pouzdře oba stereofonní kanály. Relativní zesílení signálů nízkých a vysokých kmitočtů může být samočinně nastaveno tak, že posluchač může zmenšovat zesílení - hlasitost reprodukce, aniž by se pozorovatelně měnila barva zvuku - tj. jedná se o jakési fyziologické nastavování hlasitosti. Navíc malé změny hodnot součástek připojovaných vně umožňují uživateli upravovat útlumové kmitočtové charakteristiky podle vlastních požadavků a zvyklostí na druh reprodukce, a to ve značně širokém rozsahu. Tím se stává velice univerzálním korekčním zesilovačem s parametry, které ho právem zařazují do třídy Hi-Fi i pro výborný odstup signál/šum apod.

Schéma zapojení je na obr. 8. Ke zvětšení vstupního odporu tohoto korekčního obvodu je v každém kanále



Obr. 7. Schéma zapojení gongu, který rozpozná místo, odkud přichází signál

použit oddělovací stupeň IO1, IO21, vytvořený ze známých operačních zesilovačů řady TL071. Tyto zesilovače se vyznačují malým šumem.

Ke galvanickému oddělení vstupního signálu a neinvertujícího vstupu IO1, IO21 je použit elektrolytický kondenzátor C1, C21.

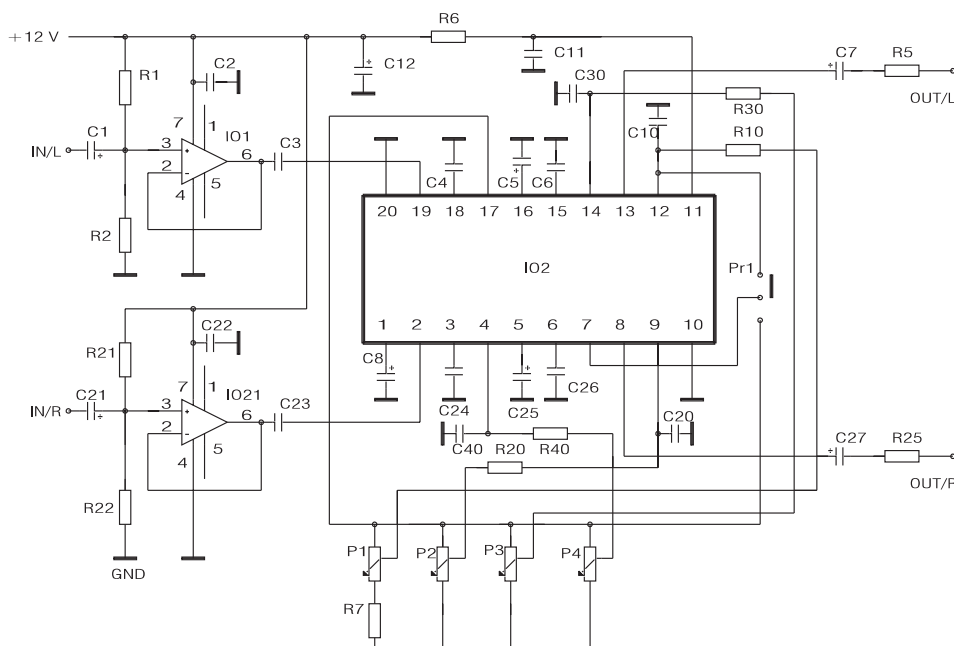
Napájecí napětí pro tyto „operační“ emitorové sledovače je vysokofrekvenčně blokováno keramickými kondenzátory C2, C22. Protože je oddělovací stupeň vázán stejnosměrně, je na vývodu č. 6 - tj. na výstupu IO1, IO21 polovina napětí napájecího - tj. 6,0 V. Galvanické oddělení potenciálů mezi dalším stupni korekčního zesilovače je zabezpečeno kondenzátory C3 a C23. Předpětí neinvertujících vstupů jednotlivých oddělovacích zesilovačů je zabezpečeno rezistorovým děličem R1, R2 a R21, R22.

Vstupní stereofonní signály se přivádějí na vývody č. 2 a 19 IO2 přes výše uvedené kondenzátory C3, C23. Výstupní signály jsou na vývodech č. 8 a 13. Tyto signály jsou galvanicky odděleny elektrolytickými kondenzátory C7, C27, jejichž kapacita závisí na vstupním odporu následujícího stupně. Obvykle se volí v jednotkách mikrofaraďů. Zároveň pro zmenšení případných nežádoucích signálů a zlepšení stability zapojení při použití dlouhého přívodního kabelu s užitečným signálem ke koncovému zesilovači jsou na výstupech IO2 zapojeny rezistory R5 a R25.

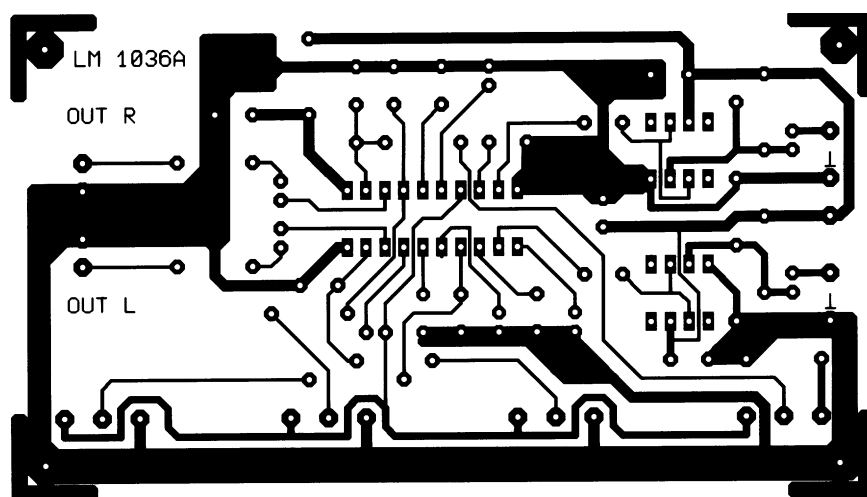
Součástí integrovaného obvodu je i Zenerova dioda, která udržuje na vývodu č. 17 stabilní napětí 5,2 až 5,4 V. Z vývodu lze odebírat proud až 5 mA. Toto vnitřní referenční napětí se používá k řízení hlasitosti a „loudness“, hloubek a výšek a v poslední řadě i k řízení balance, tj. stereofonní váhy.

Dovolené provozní napájecí napětí je 9 až 16 V, spotřeba proudu je typicky 35 mA při 12 V. Pro filtraci napájecího napětí jsou v obvodu použity keramické kondenzátory C11, C12, elektrolytický kondenzátor C31 a rezistor R6. Vstupní užitečný signál je max. 1,6 V a vstupní impedance 30 kΩ. Maximální efektivní výstupní napětí na vývodech č. 8 a 13 je na 1 kHz maximálně 20 V, takže spoj k výkonovému zesilovači může být prakticky libovolně dlouhý.

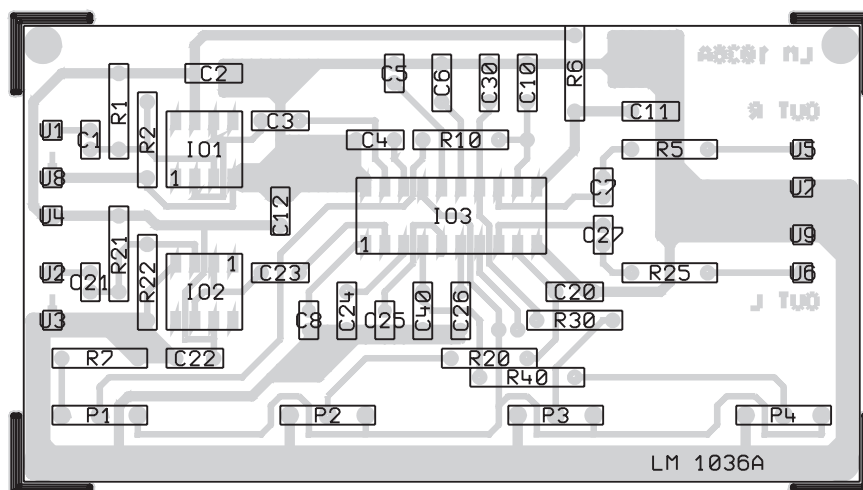
Celkové harmonické zkreslení při napájecím napětí 12 V na kmitočtu 1 kHz je při efektivním vstupním napětí 1,0 V typicky 0,06 % při maximálním zesílení. Odstup signál/šum je typicky 80 dB v pásmu 100 Hz až 20 kHz při maximálním zisku a 64 dB při zmenšení maximálního zisku o 20 dB. Kmitočtová charakteristika s potenciome-



Obr. 8. Předzesilovač s LM1036N



Obr. 9, 10 ... a jeho deska s plošnými spoji a deska, osazená součástkami



try ve středu odporové dráhy je rovná (1 dB) do kmitočtu 250 kHz. Oddělení kanálů je -80 dB na kmitočtu 1 kHz. Ovládací proudy potřebné na vývodech č. 4, 7, 9, 12 a 14 jsou typicky 1,0 μA, takže v příslušných obvodech mohou být použity součástky s velkým odporem.

Zisk tohoto IO je 0 dB - tj. zesílení 1, jsou-li spojeny vývody č. 12 a 17. Většina vyráběných obvodů má zisk v rozmezí +2 až -2 dB. Rozdíl v zisku kanálů není větší než 1 dB. Rozsah regulace zisku je 75 dB. Rozsah regulace hloubek a výšek na kmitočtech 40 Hz a 16 kHz je ±15 dB. Spojením

vývodů č. 7 a 12 IO zapojíme zmíněnou fyziologickou regulací hlasitosti.

Vyvážení obou kanálů je dosaženo při napětí $U_{ref}/2$. Typické charakteristiky regulátorů barvy zvuku (hloubek a výšek) jsou závislé na kapacitách použitých kondenzátorů C4, C24 pro výšky a C6, C26 pro hloubky.

V obvodu řízení stejnosměrného napětí jsou pro potlačení rušivých složek řídicího napětí zapojeny v běžcích regulačních potenciometrů články RC, tj. R10, R20, R30 a R40 a C10, C20, C30 a C40. Pro filtraci napětí uvnitř obvodu jsou použity elektrolytické kondenzátory C5, C8 a C25. Pro lepší a „jemnější“ využití odporové dráhy potenciometru hlasitosti P1 byla stejnosměrná úroveň napětí posunuta rezistorem R7. Tím sice regulace hlasitosti nepracuje až do -80 dB, ale to není vůbec na závadu zapojení.

Deska s plošnými spoji předzesilovače je na obr. 9 a rozložení součástek na obr. 10.

Seznam součástek

Rezistory jsou typu RR 0,6 W/1 %

| | |
|--------------------|---|
| R1, R2, R21, R22 | 100 kΩ |
| R10, R20, R30, R40 | 47 kΩ |
| R6 | 100 Ω |
| R5, 25 | 330 Ω |
| R7 | 5,6 kΩ |
| P1, P2, P3, P4 | potenciometr TP 160A-50k/N-32B (25k/N) |

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

| | |
|------------------|-------------|
| C1, C21, C7, C27 | 4,7 μF/16 V |
| C8 | 47 μF/10 V |
| C5, C25 | 10 μF/10 V |

Kondenzátory keramické typu SKK (TK)

| | |
|--------------------|------------------------|
| C2, C22, C11, C12 | 100 nF |
| C10, C20, C30, C40 | 220 nF (100 až 150 nF) |

Kondenzátory typu MKT

| | |
|--------|----------------|
| C3, 23 | 470 nF, TC 35. |
|--------|----------------|

C4, 24
C5, 25

10 nF, TC 35.
390 nF (330 nF),
TC 35.

Polovodičové součástky

| | |
|-----------|---------------------|
| IO2 | LM1036N (LM1035N) |
| IO1, IO21 | TL071 (061, NE5534) |

Ostatní součástky

deska s plošnými spoji, spojovací materiál, upevňovací konzola, distanční sloupky

Korekční zesilovač s LM1036N (2. verze)

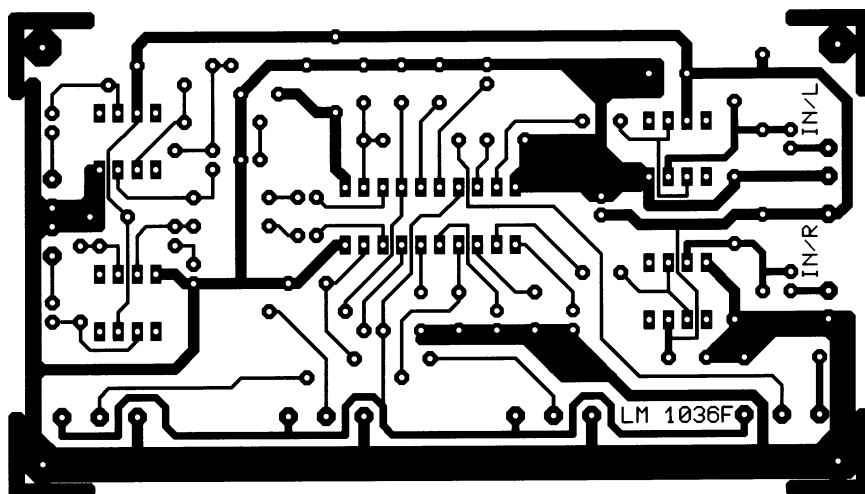
Vzhledem k potřebě větší univerzálnosti předchozího velmi kvalitního integrovaného korekčního zesilovače byly na výstupech (za rezistory R5, R25) zapojeny zesilovače napětí (operační zesilovače IO2, IO22). Schéma zapojení takto upraveného korekčního předzesilovače je na obr. 11.

Ke zvětšení vstupního odporu korekčního obvodu je v obou kanálech použit vstupní oddělovací stupeň, vy-

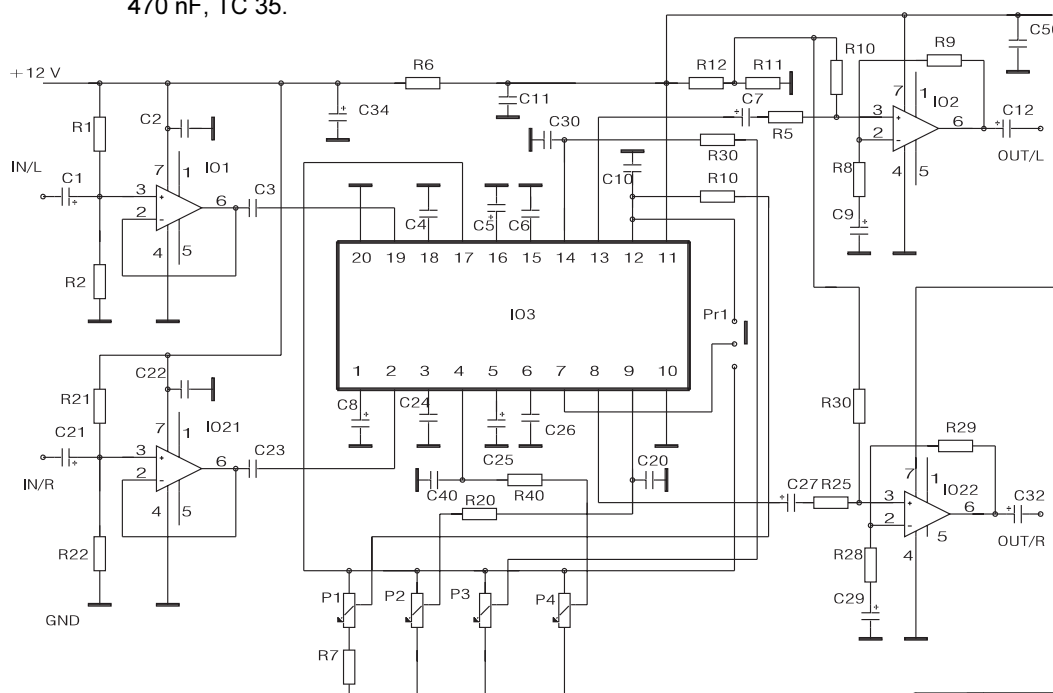
tvořený ze známých operačních zesilovačů s velmi malým šumem řady NE5534A.

Ke galvanickému oddělení vstupního signálu a neinvertujícího vstupu IO1, IO21 je použit elektrolytický kondenzátor C1, C21. Napájecí napětí pro oddělovací operační „emitorové“ sledovače je vysokofrekvenčně blokováno keramickými kondenzátory C2, C22. Protože uvedené oddělovací stupně jsou vázány stejnosměrně, je na vývodech č. 6, tj. na výstupech IO1, IO21, poloviční velikost napájecího napětí, tj. 6 V. Napětí mezi dalšími stupni korekčního zesilovače jsou galvanicky vzájemně oddělena kondenzátory C3 a C23. Předpětí neinvertujícího vstupu oddělovacích zesilovačů je zabezpečeno odporovým děličem z rezistorů R1, R2 a R21, R22.

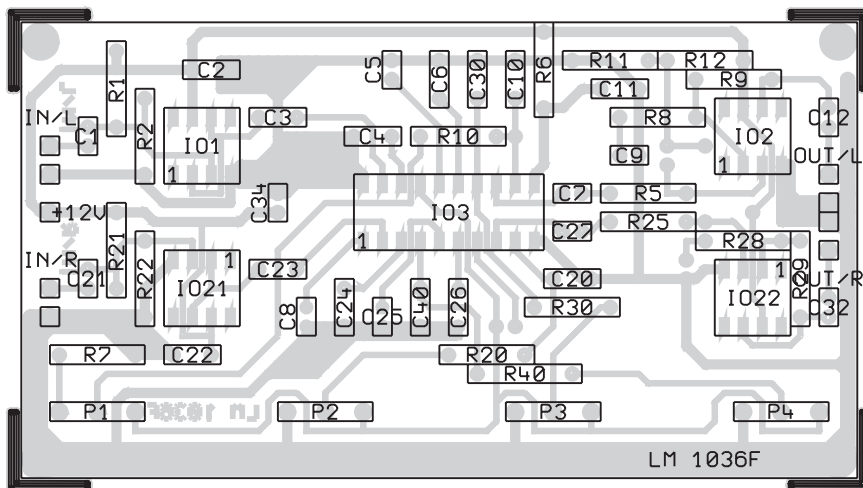
Vstupní stereofonní signály se převádějí na vývody č. 2 a 19 IO3 přes kondenzátory C3, C23. Výstupní signály jsou na vývodech č. 8 a 13. Výstupní signály jsou galvanicky od-



Obr. 12. Deska s plošnými spoji pro zapojení z obr. 11



Obr. 11. Korekční zesilovač s LM1036



Obr. 13. Osazená deska s plošnými spoji korekčního předzesilovače s LM1036

děleny od výstupů IO3 elektrolytickými kondenzátory C7, C27, jejichž kapacita závisí na vstupní impedanci následujících obvodů, obvykle se volí řádu jednotek mikrofardů. Pro zmenšení případných nežádoucích signálů a zlepšení stability zapojení jsou ve výstupech z IO zapojeny i ochranné rezistory R5 a R25.

Součástí integrovaného obvodu je i Zenerova dioda, která udržuje na vývodu č. 7 stabilní napětí 5,2 až 5,4 V, z vývodu lze odebírat proud až 5 mA. Toto vnitřní referenční napětí se používá k řízení hlasitosti a loudness, hloubek, výšek a v neposlední řadě i stereofonní váhy (balance).

Dovolené provozní napájecí napětí je 9 až 12 V, odebíraný proud je typicky 35 mA při napájecím napětí 12 V. K filtraci napájecího napětí jsou v obvodu použity keramický kondenzátor C11, elektrolytický kondenzátor C12 a rezistor R6.

Vstupní užitečný signál IO3 (efektivní velikost) může být až 1,6 V, vstupní impedance je 30 kΩ.

Maximální výstupní napětí (efektivní) na vývodech č. 8 a 13 je na kmitočtu 1 kHz při napájecím napětí 12 V asi 1 V. Výstupní odpor na těchto vývodech je na kmitočtu 1 kHz maximálně 20 Ω, takže spoj k výkonovému zesilovači může být v podstatě libovolně dlouhý.

Celkové harmonické zkreslení je při napájecím napětí 12 V na kmitočtu 1 kHz při efektivním vstupním napětí 1 V typicky 0,06 % při maximálním zesílení. Odstup signál/šum je typicky 80 dB v pásmu 100 Hz až 20 kHz při maximálním zesílení a 64 dB při zmenšení maximálního zesílení o 20 dB. Kmitočtová charakteristika při běžcích potenciometrů ve středu odporové dráhy je rovná (1 dB) do kmitočtu 250 kHz. Oddělení kanálů je -80 dB na kmitočtu 1 kHz.

Ovládací proudy potřebné na vývodech č. 4, 7, 9, 12 a 14 jsou typicky 1 μA, takže v příslušných obvodech mohou být použity součástky s velkým odporem.

Zesílení IO3 je 1 (zisk 0 dB), jsou-li spojeny vývody č. 12 a 17. U většiny vyráběných obvodů se zisk pohybuje v rozmezí +2 až -2 dB, přitom rozdíl v zisku obou kanálů není obvykle větší než 1 dB.

Rozsah regulace zisku je 75 dB, regulace hloubek a výšek (na 40 Hz a 16 kHz) ±15 dB. Spojením vývodů č. 7 a 12 se zapojuje fyziologická regulace hlasitosti. Vyvážení obou kanálů se dosahuje při napětí $U_{ref}/2$. Charakteristiky regulátorů barvy zvuku (hloubek a výšek) jsou závislé na kapacitách použitých kondenzátorů (C4, C24 pro výšky, C6, C26 pro hloubky).

V obvodu řízení stejnosměrného napětí jsou pro potlačení rušivých složek řídicího napětí zapojeny v běžcích regulačních potenciometrů články RC, tj. R10, R20, R30 a R40 a C10, C20, C30 a C40. K filtraci napětí uvnitř obvodu jsou použity elektrolytické kondenzátory C5, C8 a C25.

K lepšímu „jemnější“ průběhu využití odporové hlasitosti potenciometru P1 byla posunuta stejnosměrná úroveň na něm rezistorem R7 - pak samozřejmě nelze měnit úroveň hlasitosti v celém dříve uvedeném rozsahu (tj. do -80 dB), avšak v praxi se zjistilo, že to není na závadu, spíše naopak.

Zpracovávaný nf signál se přivádí na vývody č. 3 IO2, IO22 přes rezistory R5, R25. Předpětí neinvertujících vstupů těchto operačních zesilovačů je zabezpečeno děliči s rezistory R11, R12, R13, R33.

Výstupní užitečný signál pro koncový zesilovač se odebírá z elektrolytických kondenzátorů C12, C32.

Díky tomu, že lze napětově zesílení IO2, IO22 nastavit volbou odporu rezistorů R8, R28 ve velmi širokém

rozsahu, lze popisovaný korekční zesilovač připojit v podstatě k libovolnému koncovému zesilovači, který má předepsáno efektivní vstupní napětí v mezích asi 100 mV až 1,55 V.

Deska s plošnými spoji korekčního předzesilovače je na obr. 12 a rozložení součástek na desce se spoji na obr. 13.

Seznam součástek

Rezistory jsou typu RR, 0,6 W/1 %

R1, R2, R21, R22 100 kΩ
R10, R20, R30, R40 47 kΩ (33 kΩ)
R11, R12, R13, R33 68 kΩ
R6 100 Ω
R5, R25 330 Ω
R7 5,6 kΩ

P1, P2, P3, P4 potenciometr
50k/N-32B (25k/N), TP 160A

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

C1, C21, C7, C27 4,7 μF/16 V
C8, C12 47 (22) μF/16 V
C5, C25 10 μF/16 V

Kondenzátory keramické typu SKK (TK)

C2, C22, C11 100 nF
C10, C20, C30, C40, C50 100 až 220 nF

Kondenzátory typu MKT (TC 35.)

C3, C23 470 nF (470 až 680 nF)
C4, C24 10 nF (8,2 až 15 nF)
C5, C25 390 nF (330 až 470 nF)

Polovodičové součástky

IO2 LM1036N (LM1035N)
IO1, IO21 NE5534A (TL071, NE5534)

Ostatní součástky

deska s plošnými spoji, spojovací materiál, upevňovací konzola, distanční sloupky

Korekční zesilovač s NE5534

Tento typ korekčního zesilovače představuje takové zapojení, které k odpovídající činnosti využívá místo řízení funkcí změnami stejnosměrného napětí, odvozeného z vnitřního referenčního napětí IO, tandemových potenciometrů, které jsou zapojeny v obvodu zpětné vazby.

Korekční zesilovač je napájen symetrickým napájecím napětím.

Schéma zapojení je na obr. 14. Upravený signál ze vstupního předzesilovače je přiváděn přes elektrolytický kondenzátor C1, C21 na neinvertující vstupy operačních zesilovačů IO1, IO21. Toto napětí je filtrováno keramickými kondenzátory C2, C22, C6 a C26 v záporné napájecí větvi a C5, C25, C11, C31 v kladné napájecí větvi. Do invertujícího vstupu a výstupu těchto zesilovačů je zavedena větev zpětné vazby, složená z rezistorů R5, R4, R25, R24. Poměr odporů uvedených rezistorů určuje celkové zesílení tohoto korekčního zesilovače. Zesílení obvodu lze měnit změnou odporu rezistorů R4, R24. Zmenšujeme-li odpor rezistorů R4, R24, zesílení se zvětšuje a naopak.

Proti kmitání při větším nastaveném zesílení v oblasti nadakustických kmitočtů je paralelně k rezistoru R5, R25 zapojen keramický kondenzátor C4, C24, který případně zakmitávání účinně potlačí. Zesílený signál z výstupu IO1, IO21, tj. z vývodu č. 6, se přivádí přes rezistory R6, R26 a C9, C29 na potenciometry P3, P23 k regulaci hloubek a na potenciometry P4, P24 k regulaci výšek. Kmitočet, při němž je zisk 0 dB u „hlubokých“ signálů, je určen kapacitou kondenzátorů C7, C8 a C27, C28. Rozsah regulace je omezen rezistory R6, R7, R26, R27. Obdobně pro regulaci výšek je kmitočet, při němž je zisk „vysokých“ signálů 0 dB, určen kapacitou kondenzátorů C9, C10, C29, C30. Aby se zamezilo vzájemnému ovlivňování regulátorů hloubek a výšek, jsou v zapojení použity rezistory R8, R9, R28, R29. Tento kmitočtový korekční člen je ve větvi záporné zpětné vazby IO2, IO22.

Aby byl zpracováván signál omezený souměrně a dosáhlo se dokonalé symetrizace zapojení, jsou do neinvertujícího vstupu IO1, IO21, IO2, IO22 zapojeny rezistory R3, R23, R10, R30.

Zesílený a upravený nízkofrekvenční signál je přes oddělovací elektrolytické kondenzátory C12, C32 přiváděn na potenciometry P2, P22. Potenciometry zabezpečují plynulou regulaci zesílení (zeslabení) v obou kanálech. Pro omezení rozsahu regulace (aby regulace nezačínala od „úplné“ nuly a nekončila u „úplného“ maxima) jsou potenciometrům předřazeny rezistory R13, R33.

Z běžce potenciometru, který slouží k regulaci stereofonního vyvážení, tzv. balance, je signál přiváděn k regulátorům hlasitosti. Tento tandemový potenciometr má k zajištění fyziologické hlasitosti jednu odbočku, na níž jsou připojeny články RC, zdůrazňující signály hlubokých a vysokých tónů při malé úrovni hlasitosti. Bude-li dodržena stejná úroveň vstupních signálů do korekčního zesilovače ze všech připojovaných zdrojů signálů do vstupního zesilovače, bude tato fyziologická regulace pracovat pro všechny zdroje signálu stejně a nebude nutno zvětšovat nebo zmenšovat hlasitost, případně zdůrazňovat či potlačovat hloubky a výšky v užitečném signálu při změně zdroje signálu.

Ideální pro velmi dobrou fyziologickou regulaci hlasitosti by byl potenciometr se dvěma odbočkami, protože jsem však na trhu vhodný typ neobjevil, byl nakonec použit potenciometr jen s jednou odbočkou a řešení je vcelku vyhovující.

U tohoto typu korekčního zesilovače je možné použít i operační zesilovače typu TL071 bez podstatného zhoršení parametrů.

Tandemové potenciometry jsou vybírány na souběh 3 dB. Lze však použít i běžné neproměřované potencio-

metry. Rozsah regulace hloubek je ± 12 dB na kmitočtu 63 Hz a ± 12 dB na kmitočtu 12,5 kHz.

Deska s plošnými spoji korekčního zesilovače je na obr. 15 a rozložení součástek na desce na obr. 16. Zapojení nemá žádné záludnosti a při použití bezchybných součástek není nutno v zapojení nic nastavovat.

Seznam součástek

Polovodičové součástky

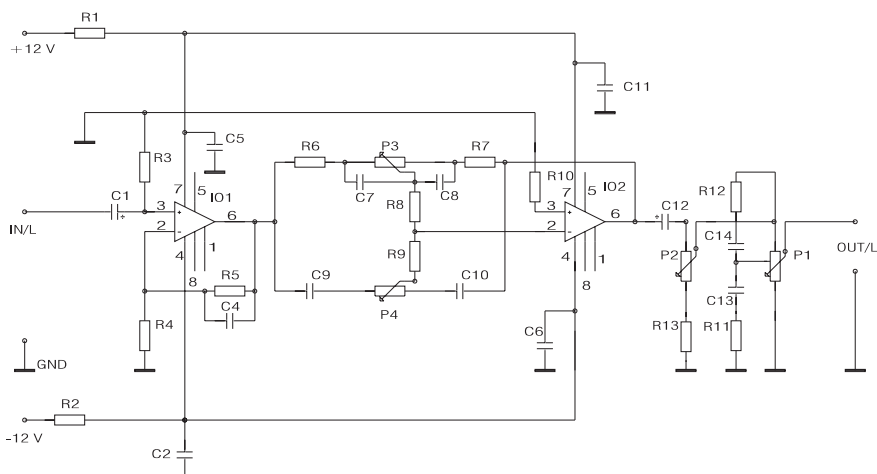
IO1, IO2, IO21, IO22 NE5534
(NE5534A, TL071, TL061, LM748)

Rezistory typu RR - 0,6 W/1 %

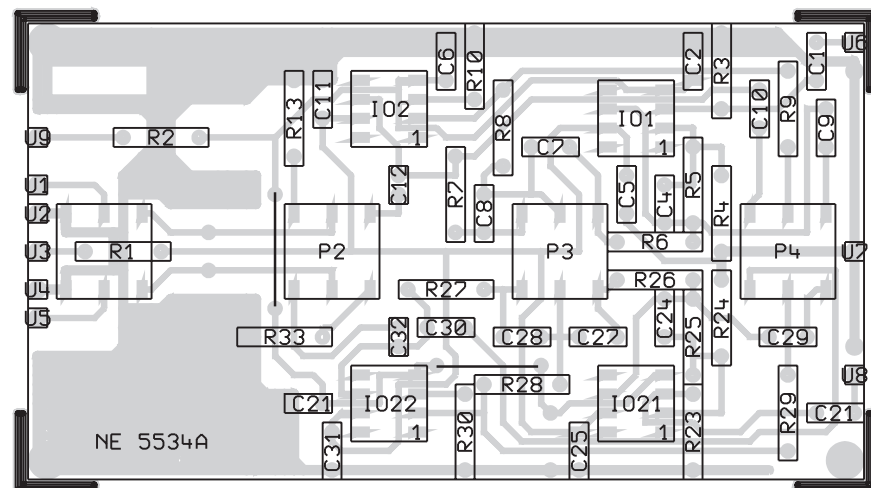
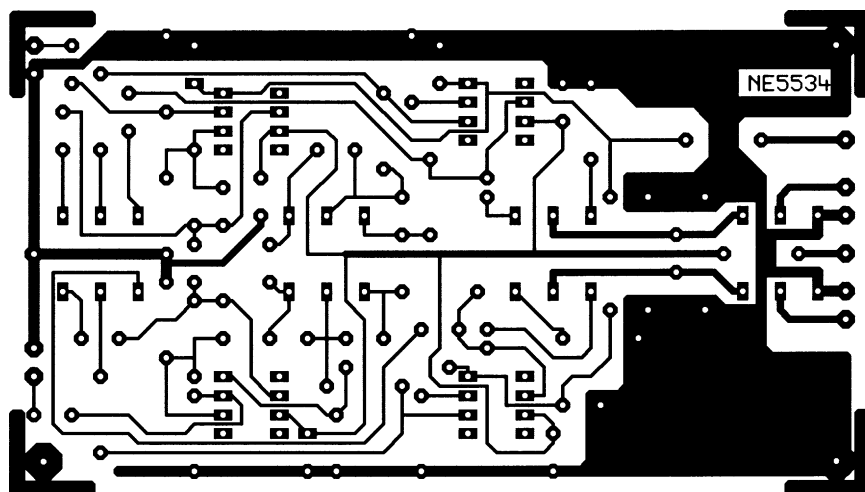
R1, R2 47 Ω
R3, R23, R10, R30 68 k Ω
R4, R24 1 k Ω
R5, R25, R6, R7, R26, R27 10 k Ω
R13, R33 560 Ω (680 Ω)
R8, R28 3,3 k Ω
R9, R29 5,6 k Ω
R12, R32 18 k Ω
R11, R31 820 Ω

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

C1, C21, C12, C32 4,7(2,2) μ F/25 V



Obr. 14. Korekční předzesilovač s NE5534 (jeden kanál)



Obr. 15, 16. Deska s plošnými spoji korekčního zesilovače (pro oba kanály) a deska osazená součástkami

Kondenzátory keramické typu SKK (TK...)

C2, C21, C5, C25,
C6, C26, C11, C31 100 nF/40 V
C4, 24 39 pF, TK ...

Kondenzátory fóliové typ MKT

C7, C8, C27, C28 47 (56) nF, TC 35.
C9, C10, C29, C30 3,3 (2,7) nF,
TC 35.

C14, C34 2,2 nF, TC 207

C13, C33 470 (330) nF,
TC 205

Ostatní součástky

P3, P4 2x 50k/N-60A, TP 169

P2 2x 10k/N-60A, TP ...

P1 2x 25k/Y-60A, TP ...

deska s plošnými spoji, spojovací ma-
teriál, distanční trubičky

Koncový zesilovač s TDA1512A

Schéma zapojení je na obr. 17. Vstupní užitečný signál je přiváděn přes elektrolytický kondenzátor C1. Zesílení koncového zesilovače je nastaveno rezistory R2 a R1. Zpětná vazba je galvanicky oddělena elektrolytickým kondenzátorem C3. Pro zvětšení celkové stability zapojení jsou v kladné napájecí větvi zapojeny kondenzátory C4, C5 a člen RC, R4, C7. K získání správného předpětí neinverujícího vstupu je mezi vývody č. 1 a 8 zapojen rezistor R3, vývod č. 8 je blokován kondenzátorem C2. Na výstup je připojen pro stabilitu zapojení v nadakustickém pásmu známý Bouchertův člen R5, C8. Pro galvanické oddělení potenciálů je reproduktor oddělen od výstupu zesilovače elektrolytickým kondenzátorem C6 s velkou kapacitou, který ovlivňuje svoji reaktancí dolní mezní kmitočet zesilovače.

V pravém kanálu jsou součástky o index 20 vyšší.

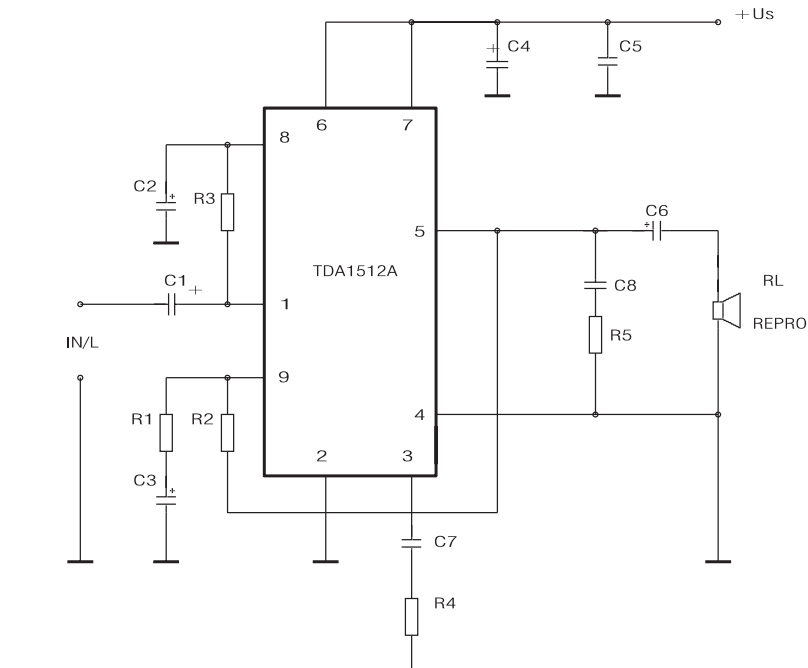
Osazení a oživení zesilovače nečiní potíže. Na vývodu č. 5 zkontrolujeme, je-li tam polovina napájecího napětí. Klidový proud zesilovače by se měl pohybovat mezi 50 až 80 mA.

Koncový zesilovač není nutno upevňovat k chladiči izolovaně. Dosažený sinusový výkon je při napájecím napětí 18 V minimálně 20 W/1 kHz na zátěži 4 Ω při intermodulačním zkreslení 0,3 %.

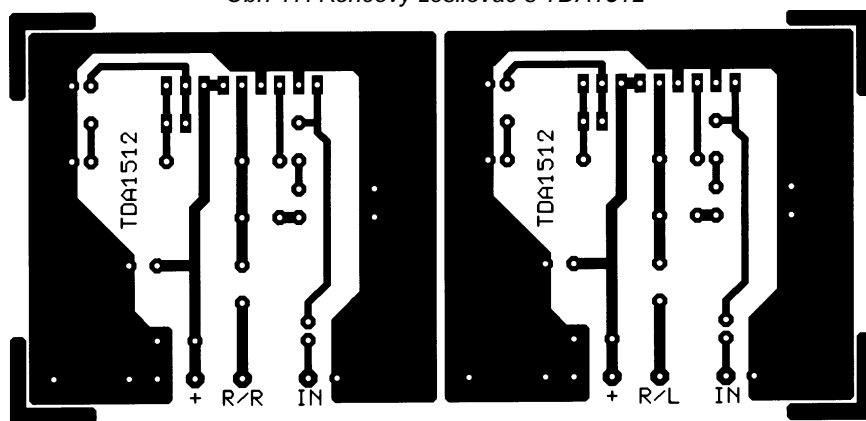
Deska s plošnými spoji je na obr. 18 a rozložení součástek na obr. 19.

Seznam součástek

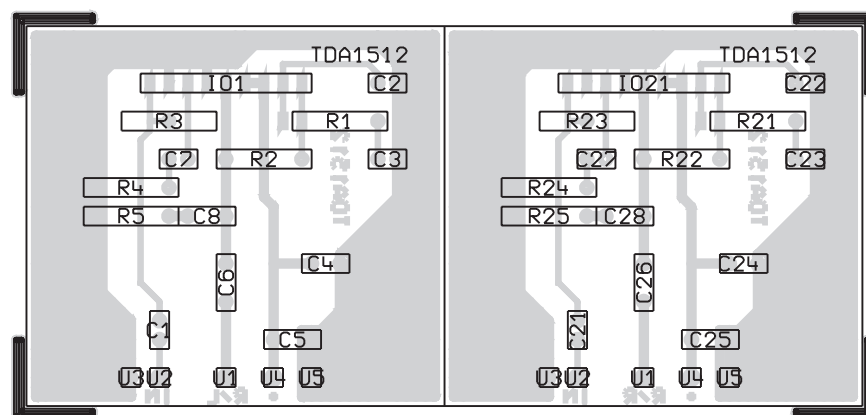
IO1, IO21 TDA1512A
R1, R21 680 Ω /0,6 W, rezistor 1 %
R2, R3, R22, R23 22 k Ω /0,6 W, rezistor 1 %
R4, R24 3,3 k Ω /0,6 W, rezistor
R5, R25 2,7 Ω /0,6 W, rezistor 1 %
C1, C21 2,2 μ F/25 V, elektrolytický kondenzátor SKR



Obr. 17. Koncový zesilovač s TDA1512



Obr. 18, 19. Deska s plošnými spoji a deska, osazená součástkami pro koncový zesilovač s TDA1512

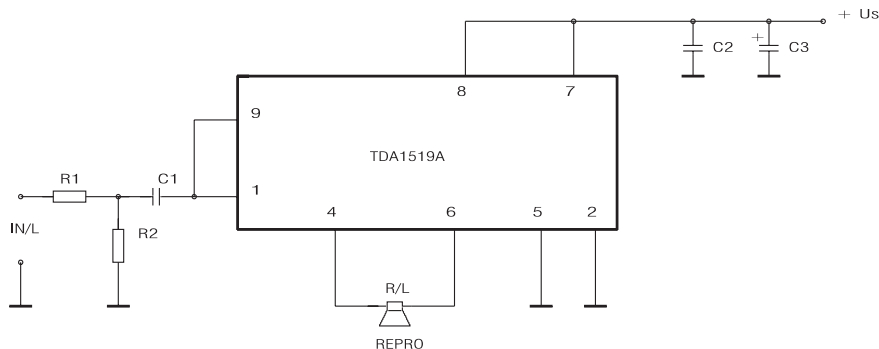


Koncový zesilovač s TDA1519A

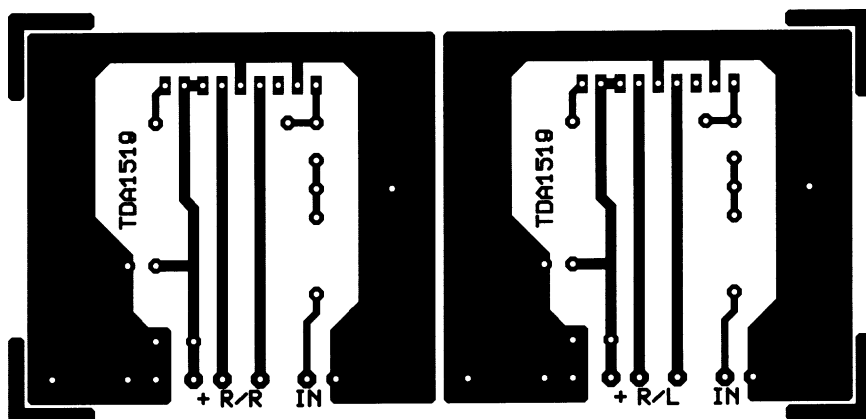
Tento koncový výkonový zesilovač je dalším představitelem řady integrovaných zesilovačů firmy PHILIPS. Vyznačuje se vyrovnanou výkonovou kmitočtovou charakteristikou, nízkofrekvenčním výkonem min. 20 W/1 kHz při zátěži 4 Ω , malým intermodulačním zkreslením, dostatečným odstupem užitečný signál/šum a vnitřně vestavěnou tepelnou pojistkou vůči výkonovému přetížení. Pouzdřen je

C2, C4, C22, C24 100 μ F/25 V, elektrolytický kondenzátor SKR
C3, C23 10 μ F/25 V, elektrolytický kondenzátor SKR
C5, C25, C8, C28 100 nF/40 V, keramický kondenzátor
C6, C26 2,2 mF/16 V, elektrolytický kondenzátor
C7, C27 330 pF/40 V, keramický kondenzátor

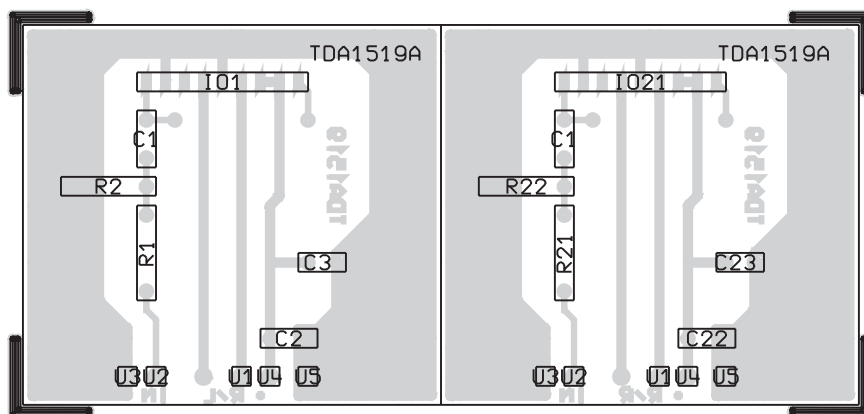
deska s plošnými spoji, chladič ZH 610, silikonová vazelína, distanční sloupky, spojovací materiál



Obr. 20. Koncový zesilovač s TDA1519A



Obr. 21, 22. Deska s plošnými spoji zesilovače s TDA1519A a deska, osazená součástkami



v pouzdru SOT-9, což zjednodušuje jeho osazení a montáž do desky s plošnými spoji.

Schéma zapojení koncového zesilovače je na obr. 20. Vstupní užitečný signál vstupuje na napěťový dělič s rezistory R1, R2 a R21, R22, kterým lze nastavit jeho velikost, vhodnou k dalšímu zpracování.

Pro galvanické oddělení potenciálů je na vstupu tohoto výkonového zesilovače zařazen za napěťový dělič kondenzátor C1 v kanálu levém a kondenzátor C21 v kanálu pravém. Pro odstranění nežádoucích složek v napájecím napětí je v zapojení použit elektrolytický kondenzátor C3, C23 a keramický kondenzátor C2, C22. Reprodukční je zapojen mezi dva výstupy, takže není nutno použít ke galvanickému oddělení obvyklý elektrolytický kondenzátor s velkou kapacitou.

Při použití napájecího zdroje, který je publikován na dalších stránkách tohoto konstrukčního čísla, dosahuje

zesilovač sinusového výkonu min. 20 W do zátěže 4 Ω při intermodulačním zkreslení 0,3 %. Při osazení bezchybnými součástkami navíc není nutno v zesilovači nic nastavovat.

Pro kontrolu, zda zesilovač nekmitá, je vhodné při ožívování zapojit do kladné napájecí větve ampérmetr. Pokud je klidový proud okolo 50 až 80 mA a teplota chladiče se nezvyšuje, je vše v pořádku a můžete ke koncovému stupni připojit reproduktorové soustavy.

Pokud hledáte zpětnovazební rezistory k nastavení zesílení koncového stupně, tak hledáte marně. Výrobce tohoto zesilovače to vtipně udělal za nás uvnitř čipu. Výrobce zaručované zesílení je 30 dB, což pro většinu aplikací zcela vyhovuje. Jelikož se toto zesílení nedá z vnějšku ovlivnit, je zapojen na vstupu IO výše uvedený napěťový dělič.

Napájecí napětí by nemělo překročit 18 V. Při napětí větším než 19 V

začne působit vnitřní elektronická pojistka a zpracováváný signál bude omezován. Integrované obvody není nutno elektricky odizolovat od chladiče, který může být spojen se zemním potenciálem.

Deska s plošnými spoji je na obr. 21 a rozložení součástek na obr. 22.

Seznam součástek

| | |
|-----------|---|
| IO1, IO21 | TDA1519A (TDA1519) |
| R1, R21 | 18 k Ω /0,6 W, 1 % |
| R2*, R22* | 3,3 až 10 k Ω (nastavení vstupního napětí) |
| C1, C21 | 220 nF, kondenzátor TC 35. |
| C2, C22 | 100 nF/40 V keramický kondenzátor |
| C3, C23 | 100 μ F/25 V, elektrolytický kondenzátor |

deska s plošnými spoji, chladič ZH 610, silikonová vazelína, distanční sloupky, spojovací materiál

Koncový zesilovač s TDA1520B

Schéma zapojení je na obr. 23. Vstupní užitečný signál je přiváděn přes elektrolytický kondenzátor C1. Zesílení koncového zesilovače je nastaveno rezistorem R2 a R1. Zpětná vazba je galvanicky oddělena elektrolytickým kondenzátorem C3. Pro zlepšení celkové stability zapojení jsou v kladné napájecí větvi zapojeny kondenzátory C4, C5 a u IO člen RC, R4, C7. Pro správné předpětí neinvertujícího vstupu je mezi vývody 1 a 8 zapojen rezistor R3 a elektrolytický kondenzátor C2. Na výstup je připojen pro dobrou stabilitu zapojení v nadakustickém pásmu známý Boucherotův člen R5, C8 a mezi vývody č. 1 a 9 keramický kondenzátor C9. Pro galvanické oddělení potenciálů je reproduktor oddělen elektrolytickým kondenzátorem C6 o velké kapacitě, který ovlivňuje svou reaktancí dolní mezní kmitočet zesilovače.

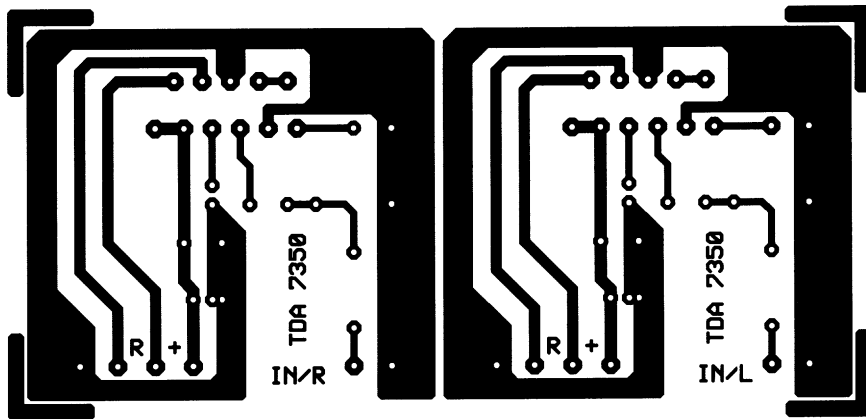
V pravém kanálu jsou součástky o index 20 vyšší.

Osazení a oživení zesilovače nečiní potíže. Na vývodu č. 5 zkontrolujeme, je-li tam poloviční napájecí napětí. Klidový proud by se měl pohybovat mezi 50 až 80 mA. Koncový zesilovač není nutno upevňovat k chladiči izolovaně. Dosažený sinusový výkon je při napájecím napětí 18 V minimálně 20 W/1 kHz na zátěži 4 Ω při intermodulačním zkreslení 0,3 %.

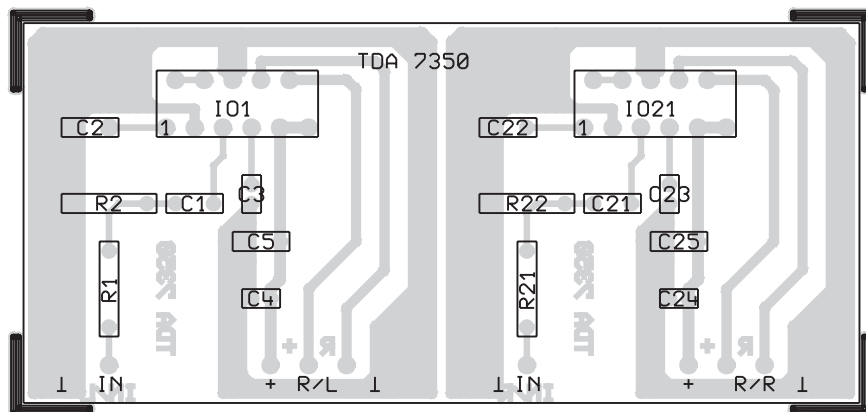
Deska s plošnými spoji je na obr. 24 a rozložení součástek na obr. 25.

Seznam materiálu

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| IO1, IO21 | TDA1520B |
| R1, 21 | 680 Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R2, R3, R22, R23 | 22 k Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R4, R24 | 3,3 k Ω /0,6 W, rezistor 1 % |

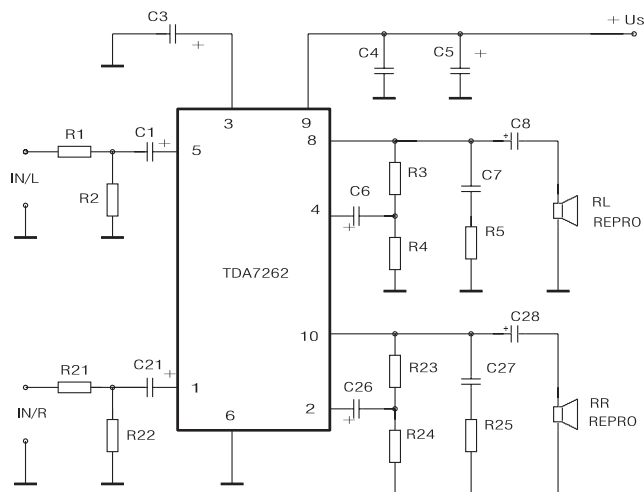


Obr. 27, 28. Deska s plošnými spoji a osazení součástkami

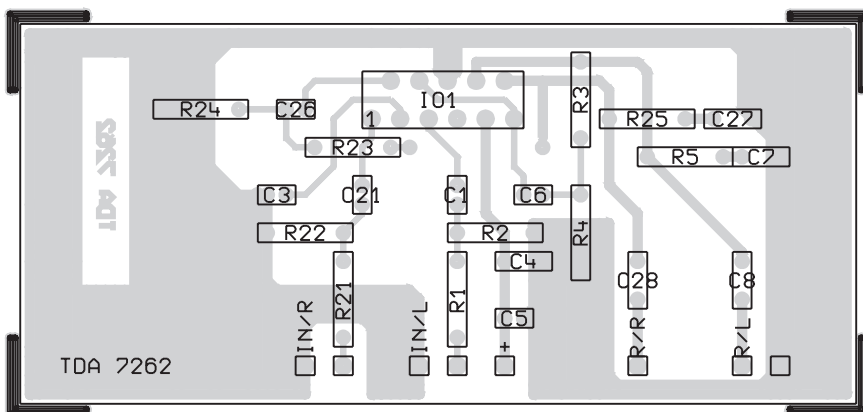


C3, C23 22 μ F/25 V, elektrolytický kondenzátor
C4 100 μ F/25 V, elektrolytický kondenzátor

deska s plošnými spoji, chladič ZH 610, silikonová vazelína, distanční sloupky, spojovací materiál



Obr. 29. Zapojení koncového zesilovače s TDA7262



Obr. 30, 31. Deska s plošnými spoji pro koncový zesilovač s TDA7262

Koncový zesilovač s TDA7262

Schéma zapojení je na obr. 29. Oba zesilovací stupně jsou zapouzdřeny v jednom pouzdře. Proto si popíšeme zapojení pro levý kanál.

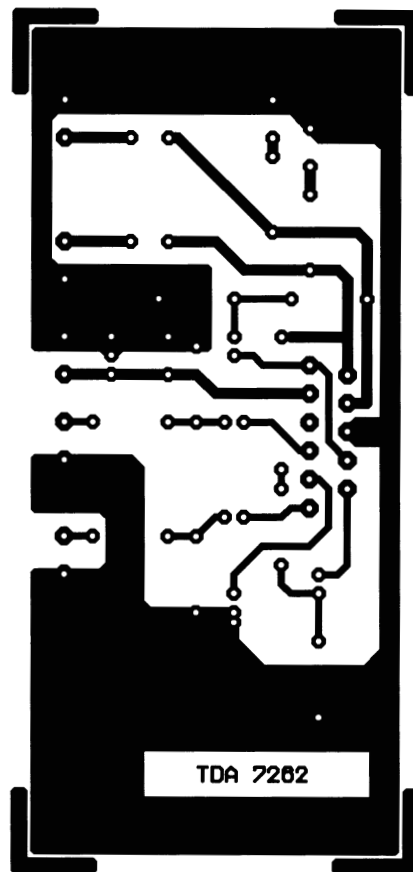
Užitečný signál přichází na rezistorový dělič R1, R2, kterým je vstupní signál vhodně napětově přizpůsoben pro zpracování v koncovém stupni. Vývod č. 3 IO1 lze využít k funkci standby. V uvedeném zapojení není však tato funkce využita. K odstranění nesouměrného omezení zpracovávaného signálu je na vývod č. 3 zapojen pro oba kanály společně elektrolytický kondenzátor C3.

Rušivá napětí v napájecím napětí zesilovače jsou účinně filtrována elektrolytickým kondenzátorem C5 a keramickým kondenzátorem C4.

Napětové zesílení je nastaveno rezistory R3 a R4. Tato zpětná vazba je galvanicky oddělena elektrolytickým kondenzátorem C6. Na výstupu je zapojen obvyklý Boucherotův člen, který zamezuje kmitání zesilovače v nadakustickém pásmu.

Reproduktor je galvanicky oddělen elektrolytickým kondenzátorem C8, který svou kapacitou ovlivňuje dolní mezní přenášený kmitočet zesilovače.

Rezistory R3 a R4 je vhodné nastavit zisk zesilovače mezi 26 až 40 dB. Pokud by toto zesílení nevyhovovalo, je vhodné využít napětového děliče na vstupu. Při zátěži 4 Ω a na-



pájecím napětí 18 V výkon (sinus) dosahuje opět bezproblémově 20 W/1 kHz při intermodulačním zkreslení 0,2 %.

Deska s plošnými spoji je na obr. 30 a rozložení součástek na obr. 31.

I u tohoto zesilovače platí to, co bylo uvedeno u předcházejících zapojení - při dodržení prvotní kontroly součástek a zásad správné montáže a pájení není nutno nic kromě napěťového zesílení nastavovat. Klidový proud se má pohybovat mezi 60 až 100 mA. Styčné plochy mezi pouzdrem koncového stupně a hliníkovým chladičem je nutno potříť vazelinou.

Seznam součástek

| | |
|------------------|---|
| IO1 | TDA7262 |
| R1, R2, R21, R22 | 18 k Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R3, R23 | 1,2 k Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R4, R24 | 39 Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R5, R25 | 2,2 Ω /0,6 W, rezistor |
| C1, C21 | 2,2 μ F/ 25 V elektrolyt. kondenzátor |
| C3 | 22 μ F/25 V, elektrolyt. kondenzátor |
| C5 | 100 μ F/25 V, elektrolyt. kondenzátor |
| C6, C26 | 220 μ F/10 V, elektrolyt. kondenzátor |
| C8, C28 | 2,2 mF/16 V, elektrolyt. kondenzátor |
| C4, C7, C27 | 100 nF/40 V, keramický kondenzátor |

deska s plošnými spoji, chladič ZH610, silikonová vazelína, distanční sloupky, spojovací materiál

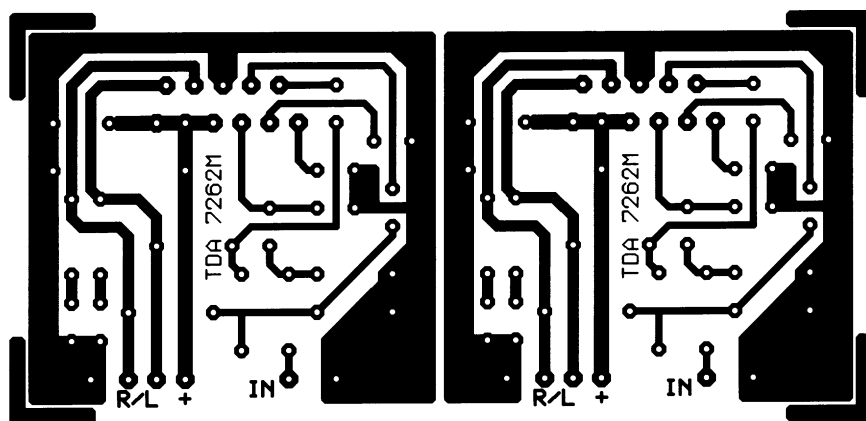
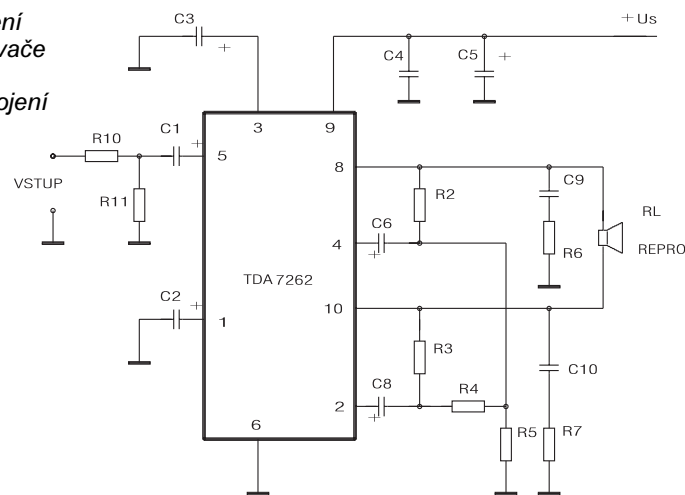
Můstkový zesilovač s TDA7262

Pro další zvětšení sinusového výkonu lze použít můstkové zapojení tohoto výkonového zesilovače. Při napájecím napětí 18 V dosáhneme při intermodulačním zkreslení 0,3 % minimálního sinusového výkonu 30 W/1 kHz na kanál.

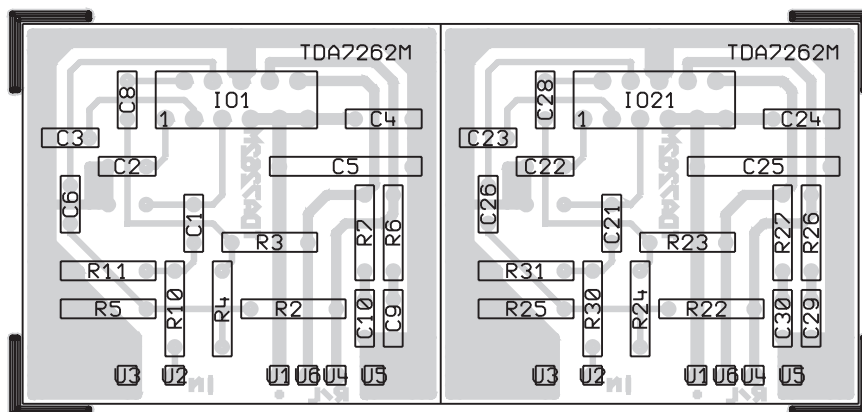
Schéma zapojení je na obr. 32. Vstupní signál přichází na rezistorový dělič R10, R11 v levém kanálu a R30, R31 v kanálu pravém. Tento dělič vhodně přizpůsobí užitečný signál k výkonovému zpracování ve výkonovém stupni.

Elektrolytické kondenzátory C1, C2, C21, C22 jsou oddělovací kondenzátory. K zabezpečení souměrného omezení při buzení signálem v širokém rozsahu možných napájecích napětí slouží elektrolytický kondenzátor C3, C23. K potlačení rušivých signálů v napájecím napětí jsou zapojeny keramické kondenzátory C4, C24 a elektrolytické kondenzátory C5, C25. Zesílení je nastaveno rezistory R2, R3, R4, R5, R22, R23, R24, R25.

Obr. 32. Zapojení koncového zesilovače s TDA7262 v můstkovém zapojení



Obr. 33, 34. Deska s plošnými spoji pro můstkový zesilovač s TDA7262 a deska, osazená součástkami



Ke galvanickému oddělení potenciálů jsou ve zpětné vazbě zapojeny elektrolytické kondenzátory C6, C8, C26, C28. Na výstupech pro reproduktory jsou zapojeny klasické Boucherotovy členy, které účinně potlačují kmitání v nadakustickém pásmu a tím podstatně přispívají k celkové stabilitě zapojení. Zapojení je tak stabilní, že při osazení bezchybnými součástkami musí tento výkonový zesilovač „hrát“ na první zapojení. Přesto je vhodné zkontrolovat alespoň klidový proud, který by se měl pohybovat okolo 60 až 100 mA na kanál. Případné zakmitávání, které se pozná podle zvětšujícího se klidového proudu a zvyšování teploty chladiče, lze odstranit zařazením keramického kondenzátoru do

vstupu, tj. mezi vývod č. 5 a zem. Na desce s plošnými spoji je na tuto variantu pamatováno.

Na svorkách reproduktoru bychom měli naměřit maximální stejnosměrné napětí 100 mV. Praktické zkoušky prokázaly, že toto napětí nepřekročí obvykle 10 mV. Deska s plošnými spoji je na obr. 33 a rozložení součástek na obr. 34.

Seznam součástek můstkového zesilovače

Rezistory typu RR 0,6 W/1 %

| | |
|----------|---|
| R10, R30 | 22 k Ω |
| R11, R31 | 5,6 k Ω * (nastavení vstupní citlivosti) |
| R2, R22 | 1,2 k Ω |
| R3, R23 | 2,4 k Ω |

R4, R5, R24, R25 39 Ω
R6, R7, R26, R27 2,2 Ω (1,2 Ω)
Elektrolytické kondenzátory typu SKR
C1, C2, C21, C22 2,2 μ F/16 V
C3, C23 22 μ F/25 V
C6, C8, C26, C28 220 μ F/10 V
C5, C25 100 μ F/25 V
Keramické kondenzátory SKK (TK)
C4, C9, C10, C24, C29, C30
100 nF/40 V

Polovodičové součástky

IO1, IO21 TDA7262

Ostatní součástky

deska s plošnými spoji, chladič ZH 610, spojovací materiál, distanční podložky

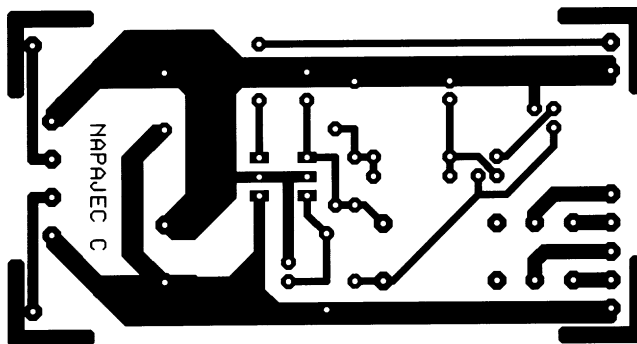
Všechny uvedené zesilovače vyžadují ke své činnosti nesouměrné napájecí napětí, jehož velikost by neměla být větší než 18 V, jak bylo již několikrát v předcházejícím textu zdůrazňováno. Toto napájecí napětí je při použití odpovídajících součástek v napájecí dostatečně tvrdé a zabezpečí požadovaný sinusový výkon minimálně 20 W/kanál. Tento výkon je např. pro panelové byty dostatečný a převážně většině uživatelů vyhovuje. Pokud však chcete využívat k poslechu především hudby větších výkonů, můžete si vybrat z dalších výkonových zesilovačů, které ovšem potřebují ke své činnosti již symetrické napájení.

O tom však bude „řeč“ v dalším článku.

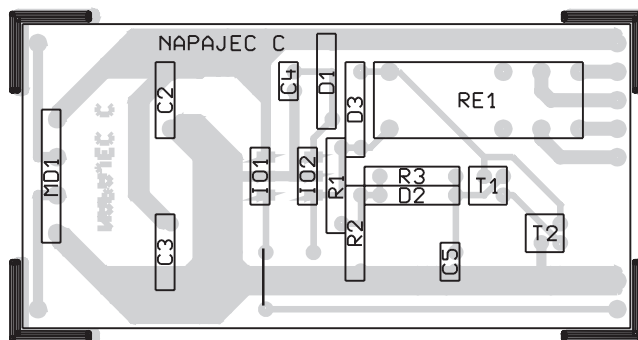
Napájecí zdroj 18 V nestab., 12 V stab. s ochranným obvodem (napáječ C)

V dalším textu bude popsán jeden z možných zdrojů k napájení nf zesilovačů s nesouměrným napájecím napětím - schéma zdroje je na obr. 35.

Na primární straně napájecího transformátoru je zapojena trubičková pojistka Po1 a odrušovací kondenzátor C1. Taktéž je na primární straně zapojen kolébkový spínač se signalizační diodou LED zelené barvy. Pro zjednodušení není tento spínač ve schématu zakreslen. Usměrněné napětí z diodového můstku MD1 je filtrováno elektrolytickými kondenzátory



Obr. 36, 37. Deska s plošnými spoji zdroje 18 V nestab., 12 V stab. a ochranného obvodu



C2, C3. Získané nestabilizované napětí je vedeno přes pojistku Po2 ke koncovým zesilovačům. Je věcí konstruktéra, zda použije skleněnou tavnou pojistku jen jednu v napájecí větvi obou výkonových zesilovačů, nebo bude napájet každý zesilovač přes zvláštní pojistku.

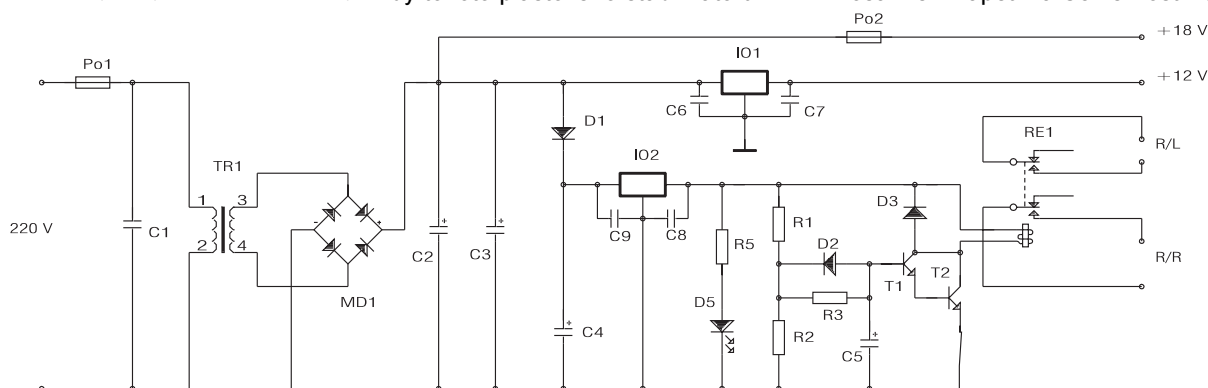
Filtrované napětí je stabilizované IO1 na 12 V. Toto napětí slouží k napájení korekčního zesilovače nebo jiného doplňkového zařízení. Ke zvětšení stability stabilizátoru jsou ze strany plošných spojů přímo na vývody tohoto stabilizátoru připájeny keramické kondenzátory C6, C7.

Pro napájení obvodu ochrany reproduktorů je zapojen samostatný stabilizátor. Napětí z elektrolytických kondenzátorů C2, C3 je vedeno přes oddělovací diodu D1 na stabilizátor napětí IO2, který má do svého přívodu zapojen elektrolytický kondenzátor C4. Obvyklé keramické blokové kondenzátory C9, C8 jsou připájeny ze strany plošných spojů přímo na vývody tohoto plastového stabilizátoru.

Ochranný obvod reaguje na přítomnost stejnosměrného napětí na svorkách reproduktoru většího než 0,8 V a zároveň se chová jako zpožďovací obvod, který s určitým časovým zpožděním, tj. asi 3 sekundy po zapnutí zesilovače, po ustálení napěťových poměrů ve výkonovém zesilovači, připojí reproduktor k jeho výstupním svorkám.

Zapojení zdroje je do jisté míry tak univerzální, že je možné jednotlivé součástky podle nároků a požadavků uživatele změnit či ze zapojení vypustit, aniž by to podstatnou měrou ovlivnilo funkci zesilovačů, připojených k tomuto zdroji.

Vlastní zpožďovací konstantu určují rezistor R3 a elektrolytický kondenzátor C5. Napětí přiváděné z děliče napětí R1, R2 přichází přes R3 na C5, který se po zapnutí zdroje začíná nabíjet. Tranzistor T1 je v uzavřeném stavu, tím následně i tranzistor T2 a reproduktory nejsou připojeny přes výkonové kontakty spínacího relé. Dosáhne-li napětí na C5 velikosti větší



Obr. 35. Příklad zdroje napájecích napětí pro nf zesilovač (s ochranným obvodem)

než 1,3 V, otevře se T1 a tím následně i (skokově) T2, který připojí cívku relé ke společné zemi. Kontakty relé se sepnou a propojí výstupy zesilovačů s reproduktory.

Proti napěťovým špičkám vznikajících při spínání cívky relé je v obvodu zapojena ochranná dioda D3. Vybití kondenzátoru C5 při odpojení zdroje ze sítě je zabezpečeno rezistory R2, R3.

Deska s plošnými spoji zdroje je na obr. 36 a rozložení součástek na obr. 37. Při osazení desky s plošnými spoji předepsanými součástkami není nutno nic nastavovat a ožiovat.

Pokud by někdo chtěl změnit čas připojování a odpojování reproduktorů, tak může měnit kapacitu kondenzátoru C5 - větší kapacita odpovídá delšímu času, nebo změnit odpor rezistoru R3.

Výkonové relé lze použít od firem Schrack, Finder nebo Omron. Relé těchto výrobců se navzájem liší jen nepatrně a to velikostí spínacího proudu a případně napětovou hranicí odpadu kotvy.

Seznam součástek zdroje

Polovodičové součástky

| | |
|----------|-----------------------------------|
| MD1 | diodový můstek KBP-6M (KBP-8M) |
| IO1, IO2 | LM7812 |
| D1, D3 | 1N4002 |
| D2, D4 | 1N4148 (KA206, 222, ...) |
| T1 | KC237B (KC507, BC5..) |
| T2 | KC639 (BC639, KF506..) |
| D5 | LED (zelená) v kolébkovém spínači |

Rezistory RR 0,6 W/1 %

| | |
|----|--------|
| R1 | 10 kΩ |
| R2 | 1,5 kΩ |
| R3 | 33 kΩ |
| R5 | 820 Ω |

Kondenzátory

| | |
|----------------|---------------|
| C4, C5 | 100 μF/25 V |
| C1 | 33 nF, TC 208 |
| C2, C3 | 4,7 mF/35 V |
| C6, C7, C8, C9 | 100 nF, TK... |

RE1 relé Schrack (Finder) 12 V, 2 páry kontaktů

deska s plošnými spoji, trubičkové pojistky 4 A/F, 0,4 A/F

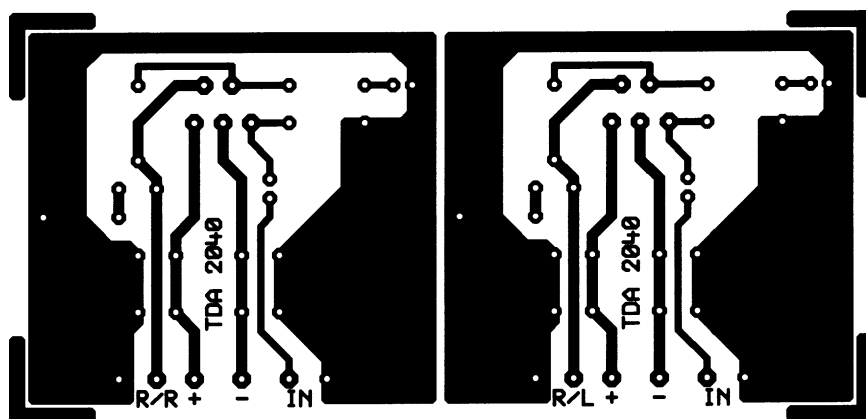
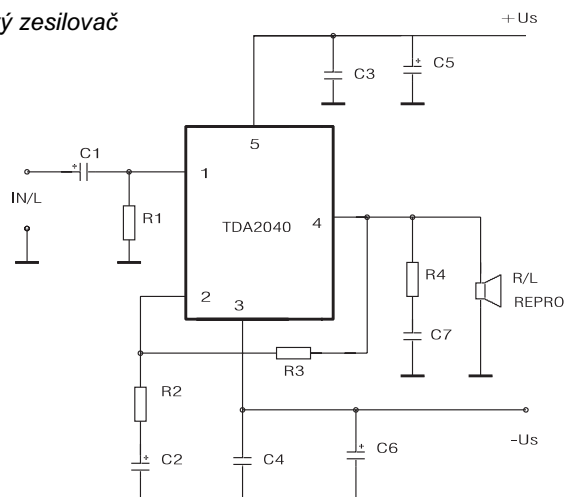
TR1 transformátor EI25x32/50 VA, 230 V/12,0 V

Koncový zesilovač s TDA2040

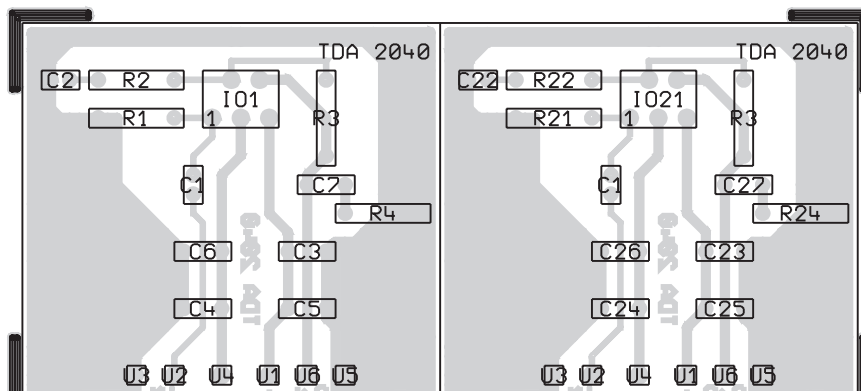
Mezi typy koncových zesilovačů, s nimiž lze bezproblémově dosáhnout sinusových výkonů větších než 20 W (vyžadujících symetrické napájecí napětí), patří např. integrovaný obvod TDA2040 v zapojení podle obr. 38.

Užitečný signál je veden přes elektrolytický kondenzátor C1 (C21) na vstup operačního zesilovače IO1 (IO21). Vstupní odpor koncového zesilovače určuje rezistor R1 (R21).

Obr. 38. Koncový výkonový zesilovač s TDA2040



Obr. 39, 40. Deska s plošnými spoji zesilovače s TDA2040 a deska, ozařená součástkami



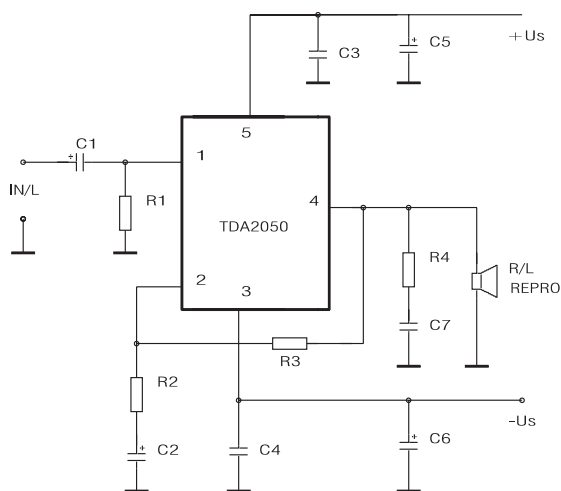
V kladné napájecí větvi jsou k potlačení rušivých napětí zapojeny elektrolytické kondenzátory C5 a C25 a keramické kondenzátory C3 a C23. V záporné napájecí větvi je to elektrolytický kondenzátor C6 (C26) a keramický kondenzátor C4 (C24). Zesílení koncového stupně je nastaveno rezistory R3, R2 a R23, R22 na asi 30 dB. Na výstupu je zapojen Boucherotův člen RC, který účinně stabilizuje zapojení v nadakustickém pásmu. Protože je zapojení koncipováno jako symetrické, není nutno na výstupy připojovat elektrolytické kondenzátory.

Při reproduktorových soustavách o impedanci 4 Ω je výstupní sinusový výkon 25 W na kmitočtu 1 kHz při zkreslení 0,5 %.

Deska s plošnými spoji je na obr. 39 a osazení součástkami na obr. 40. Koncový zesilovač je nutno upevnit izolovaně, neboť jeho pouzdro je vodičově spojeno se záporným pólem napájecího napětí.

Seznam součástek

| | |
|---------------------------|---|
| IO1, IO21 | TDA2040 |
| C1, C21 | 2,2 μF/25 V, elektrolytický kondenzátor |
| C2, C22 | 22 μF/16 V, elektrolytický kondenzátor |
| C3, C4, C23, C24, C7, C27 | 100 nF/40 V, keramický kondenzátor |
| C5, C6, C25, C26 | 100 μF/25 V, elektrolyt. kondenzátor |
| R1, R21, R3, R23 | 22 kΩ/0,6 W, rezistor 1 % |



Obr. 41. Schéma zapojení
koncového (výkonového)
zesilovače s TDA2050

je vodivě spojeno se záporným pó-
lem napájecího napětí.

Seznam součástek

| | |
|------------------|--|
| IO1, IO21 | TDA2050 |
| C1, C21 | 2,2 μ F/25 V, el. kond. |
| C2, C22 | 22 μ F/16 V, elektroly- tický kondenzátor |
| C3, C4, C23, C24 | 100 nF/40 V, keramický kondenzátor |
| C7, C27 | 220 nF/40 V, keramický kondenzátor |
| C5, C6, C25, C26 | 100 μ F/25 V, elektrolyt. kondenzátor |
| R1, R21, R3, R23 | 22 k Ω /0,6 W, rez- istor 1 % |
| R2, R22 | 680 Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R4, R24 | 2,2 Ω /0,6 W, rezistor 1 % |

deska s plošnými spoji, silikonová va-
zelína, chladič ZH 610, spojovací ma-
teriál, distanční sloupky

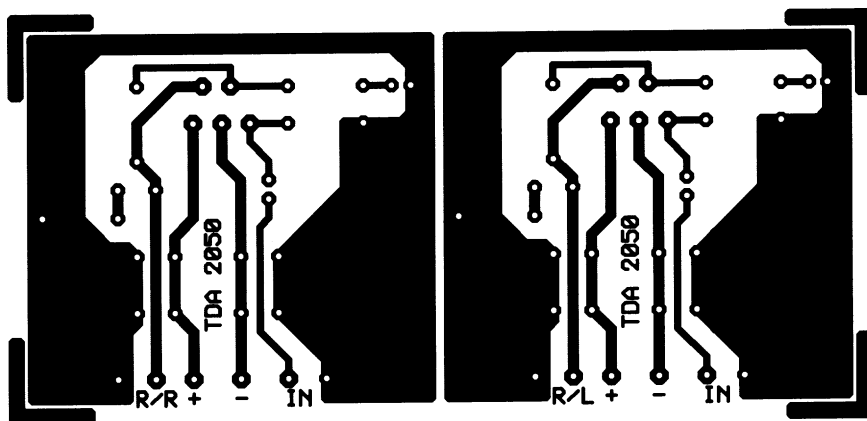
Koncový zesilovač s TDA1514A

Schéma zapojení tohoto Hi-Fi ze-
silovače je na obr. 44. Vstupní užiteč-
ný nízkofrekvenční signál je přiváděn
na vývod č. 1 IO1 přes oddělovací
elektrolytický kondenzátor. Aby byl za-
bezpečen nezkraslený rozkmit výstup-
ního signálu při širokém rozptýlu
napájecího napětí, jsou v obvodu
zapojeny rezistory R4, R5, R6 a
elektrolytické kondenzátory C4, C3.

Vstupní odpor zesilovače a před-
pětí pro invertující vstup zajišťuje re-
zistor R1. Proti případným zákmitům
v nadakustických pásmech a zvětšení
stability celého zapojení je paralelně
k R1 připojen keramický kondenzátor
C2 a na výstupu známý Boucherotův
člen, složený z C7-R7. Nežádoucí
složky účinně z větví napájení odstra-
ňují keramické kondenzátory C5, C8 a
elektrolytický (tantalový) kondenzátor
C6. Napěťové zesílení tohoto výkono-
vého stupně je nastaveno rezistory R3
a R2.

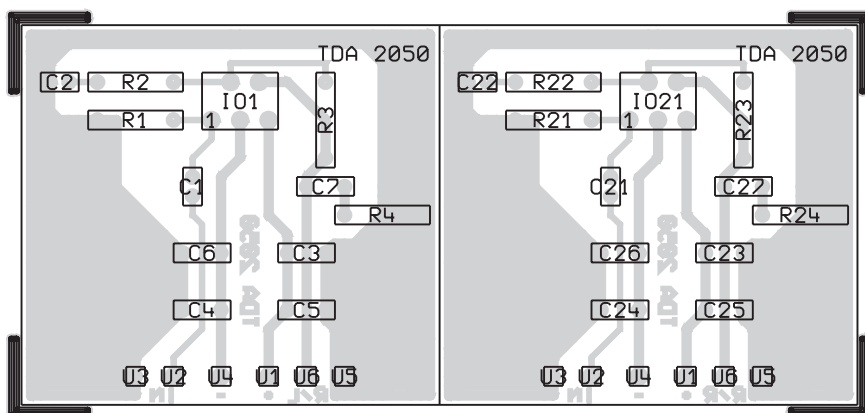
Součástky v pravém kanálu jsou o
index 20 vyšší.

Po pečlivé prohlídce a osazení
osazení desky s plošnými spoji je nut-
no zkontrolovat napájecí proud ne-
prázdnou, který by se měl pohybovat v
mezích 50 až 70 mA. Reprodukto-
rové soustavy nejsou připojeny. Pokud je
napájecí proud v předepsaných me-
zích, je ještě nutno zkontrolovat veli-
kost stejnosměrného napětí na vývo-
du č. 5, tj. na výstupu pro připojení
reprodukto-rové soustavy. Toto stejno-
směrné napětí by mělo být nulové; ve
skutečnosti se pohybuje mezi 2 až 20
mV. Je-li vše v pořádku, můžeme po
vypnutí zesilovače a malé časové
prodlevě (sloužící k vybití napájecích
elektrolytických kondenzátorů) připojit
reprodukto-ry k silovým kontaktům



Obr. 42. Deska s plošnými spoji zesilovače s TDA2050

Obr. 43. Osazená deska s plošnými spoji zesilovače s TDA2050



| | |
|---------|--------------------------------------|
| R2, R22 | 680 Ω /0,6 W, rezistor 1 % |
| R4, R24 | 4,7 Ω /0,6 W, rezistor 1 % |

deska s plošnými spoji, silikonová va-
zelína, chladič ZH 610, spojovací ma-
teriál, distanční sloupky

Koncový zesilovač s TDA2050

Schéma zapojení je na obr. 41.
Vstupní signál je přiváděn přes elekt-
rolytický kondenzátor C1 na vývod č. 1
IO1. Vstupní odpor je určen rezisto-
rem R1. Zesílení je nastaveno rezisto-
ry R3 a R2. Galvanicky je zpětná
vazba oddělena elektrolytickým kon-
denzáto-rem C2. Pro zvětšení stability
zapojení jsou v napájecích větvích za-
pojeny elektrolytické kondenzátory
C5, C6 a keramické kondenzátory C3,

C4. Na výstupu je zapojen opět Bou-
cherotův člen RC, R4, C7.

V pravém kanálu jsou součástky
s indexem o 20 vyšším.

Dosažitelný sinusový výkon při
zkreslení 0,3 % je 30 W. Odběr na-
prázdnou by se měl pohybovat mezi 50
až 100 mA (v každém kanálu).

Oživení nečiní žádné obtíže. Při
dodržení zásad prvotní kontroly desky
s plošnými spoji a pasivních součás-
tek (přechodový odpor, jmenovité veli-
kosti), koncový stupeň „hraje“ ihned
po připojení napájecího napětí; je
však nutno dodržet zásady správného
pájení součástek a vyvarovat se stu-
dených spojů.

Deska s plošnými spoji je na obr.
42 a rozložení součástek na obr. 43.
Koncový zesilovač je nutno k chladiči
upevnit izolovaně, neboť jeho pouzdro

relé. Při použití odpovídajícího napájecího zdroje dosahuje tento zesilovač na zátěži $4\ \Omega$ sinusového výkonu minimálně $40\ \text{W}/1\ \text{kHz}$ na kanál při harmonickém zkreslení $0,2\ \%$.

Pro zlepšení odvodu tepla z pouzdra výkonového zesilovače je nutné styčné plochy (tj. pouzdra i chladiče) natřít silikonovou vazelinou a galvanicky oddělit pouzdro od chladiče slídovou podložkou, abychom mohli chladič případně propojit s nulovým potenciálem.

Zesílení zesilovače lze v určitých mezích měnit změnou odporu rezistoru R_2 . Zisk zesilovače je nejvhodnější nastavit v mezích mezi 25 až $40\ \text{dB}$.

Deska s plošnými spoji je na obr. 45 a rozložení součástek na obr. 46.

I tento zesilovač nemá zálužnosti a při dodržení zásad správného zemnění (signálové i napájecí země) hraje věrně a čistě.

Seznam součástek

| | |
|--|---|
| IO1, IO21 | TDA1514A (TDA1514) |
| R_1, R_{21}, R_3, R_{23} | $22\ \text{k}\Omega$ |
| R_2, R_{22} | $680\ \Omega^*$ k nastavení požadovaného zesílení |
| R_4, R_{24} | $47\ \Omega$ |
| R_5, R_{25} | $82\ \Omega$ |
| R_6, R_{26} | $470\ \text{k}\Omega$ |
| R_7, R_{27} | $3,3\ \Omega$ |
| rezistory jsou typu RR $0,6\ \text{W}/1\ \%$ | |
| C_1, C_{21} | $2,2\ \mu\text{F}/35\ \text{V}$ |
| C_2, C_{22} | $220\ \text{pF}/40\ \text{V}$ |
| C_3, C_{23} | $220\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ |
| C_4, C_{24} | $4,7\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$, tantal |
| $C_5, C_7, C_8, C_{25}, C_{27}, C_{28}$ | $220\ \text{nF}/40\ \text{V}$ |

deska s plošnými spoji, chladič ZH 610, distanční sloupky, izolační podložka, spojovací materiál, silikonová vazelina

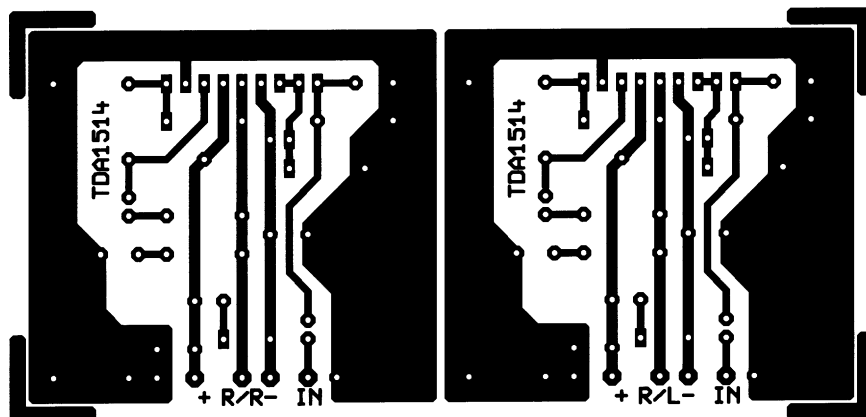
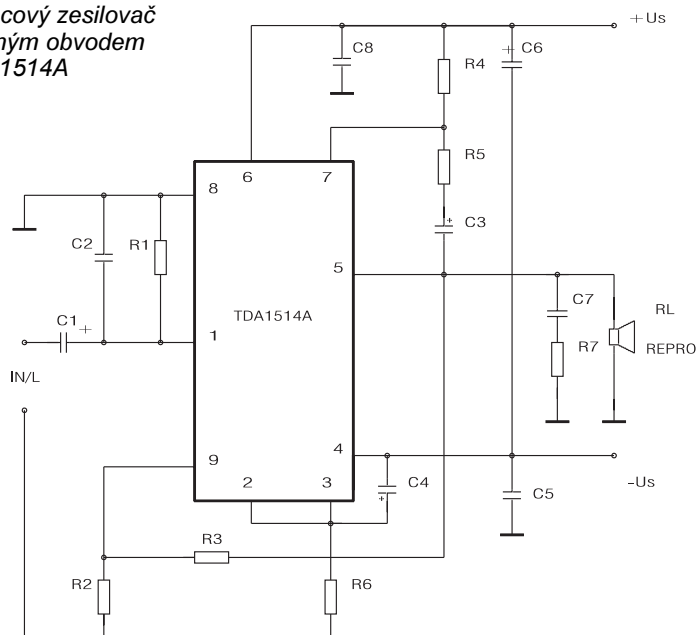
Koncový zesilovač s TDA7264

Dalším představitelem jakostního koncového zesilovače je integrovaný obvod TDA7264, který velice vhodně doplňuje širokou škálu výkonových operačních zesilovačů firmy SGS Thomson.

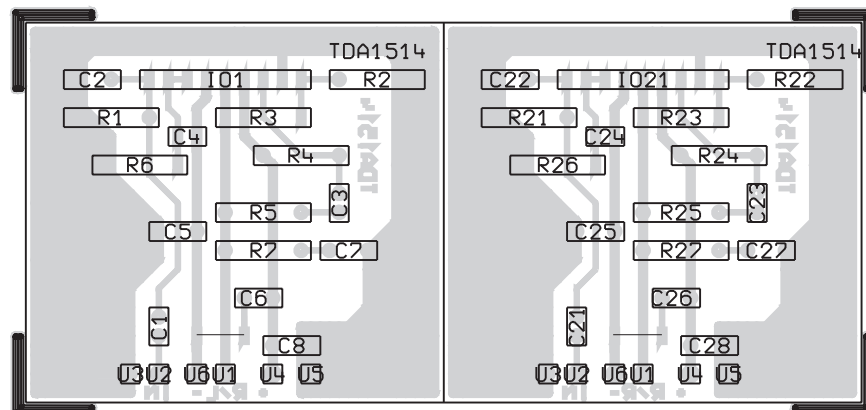
Schéma zapojení zesilovače s IO TDA7264 je na obr. 47. Tento operační zesilovač je zapojen tak, že nevyužívá můstkového zapojení k dosažení požadovaného akustického výkonu, ale vždy jen jednu polovinu integrovaného výkonového zesilovače.

Užitečný vstupní signál je přiváděn přes odporový dělič s rezistory R_1, R_2 a oddělovací elektrolytický kondenzátor na vývod č. 6 v levém kanálu a přes rezistor R_{21}, R_{22} a kondenzátor C_{21} na vývod č. 8 v pravém kanálu. Pro zabezpečení nezkráceného výstupního signálu i při jeho co největší amplitudě při širokém rozsahu napájecích napětí je v obvodu zapojen rezistor R_3 a blokovací keramický konden-

Obr. 44. Koncový zesilovač s integrovaným obvodem TDA1514A



Obr. 45, 46. Deska s plošnými spoji zesilovače s TDA1514A a deska, osazená součástkami

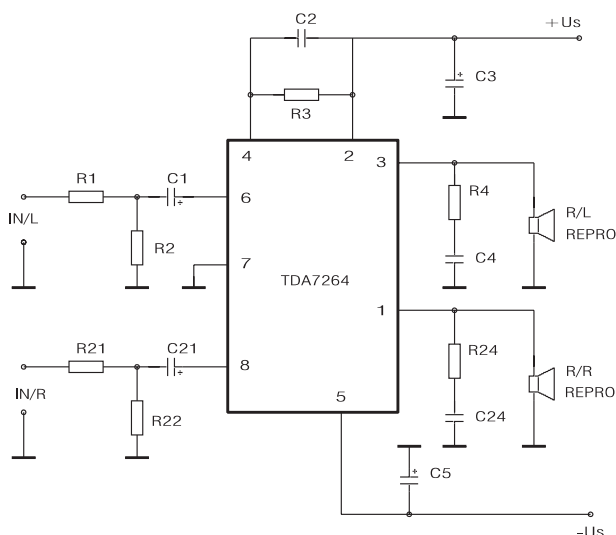


zátor C_2 . Pro potlačení rušivých složek v napájecím napětí je v kladné napájecí větvi zapojen elektrolytický kondenzátor C_3 a v záporné větvi elektrolytický kondenzátor C_5 . Pro potlačení zákmitů v nadakustickém pásmu je zesilovač chráněn Boucherotovým členem, složeným z rezistoru R_4 a keramického kondenzátoru C_4 v levém kanálu a z rezistoru R_{24} a kondenzátoru C_{24} v pravém kanálu.

Při ožiování dbáme stejných zásad, jako při ožiování předcházejících zesilovačů. Reprodukované soustavy nepřipojujeme. Zkontrolujeme klidový napájecí proud, který by měl

být v rozmezí 60 až $80\ \text{mA}$. Pak zkontrolujeme stejnosměrné napětí na výstupních vývodech (tj. č. 1 a 3). Pokud se toto stejnosměrné napětí pohybuje v rozmezí 0 až $20\ \text{mV}$, je vše v pořádku a můžeme po odpojení napájecího napětí a chvilkové časové prodlevě (sloužící k vybití napájecích elektrolytických kondenzátorů) připojit reproduktorové soustavy k silovým kontaktům relé v ochranném obvodu.

Zesilovač lze samozřejmě použít i bez zpozdovacího a ochranného obvodu proti stejnosměrnému napětí na výstupních svorkách operačního zesilovače. Vystavujeme se však tímto



Obr. 47. Koncový zesilovač s integrovaným obvodem TDA7264

ručně spínačem, zapojeným mezi vývod č. 4 a spoj rezistor R3, C2, nebo elektronicky pomocí tranzistoru, zapojeného jako elektronický spínač. U předkládaného zapojení však funkce stand-by využita není.

Koncový zesilovač s LM3886 (LM2876, LM3876)

Posledním představitelem integrovaných výkonových zesilovačů, publikovaných v tomto konstrukčním čísle, je integrovaný obvod LM3886. Svým výkonem 60 W při zkreslení 0,06 % se právem řadí mezi koncové stupně třídy HIGH-END. Typovou řadu těchto výkonových operačních zesilovačů ještě doplňuje IO LM2876 s výkonem 25 W a LM3876 s výkonem 40 W (sinus). Všechny zde uvedené typy lze bez změny zapojení na desce s plošnými spoji vzájemně zaměňovat a tím se jednoduše přizpůsobit požadavkům uživatele na sinusový výkon zapojení - přitom lze bez nadsázky říci, že zesilovače s těmito IO skutečně „hrají“.

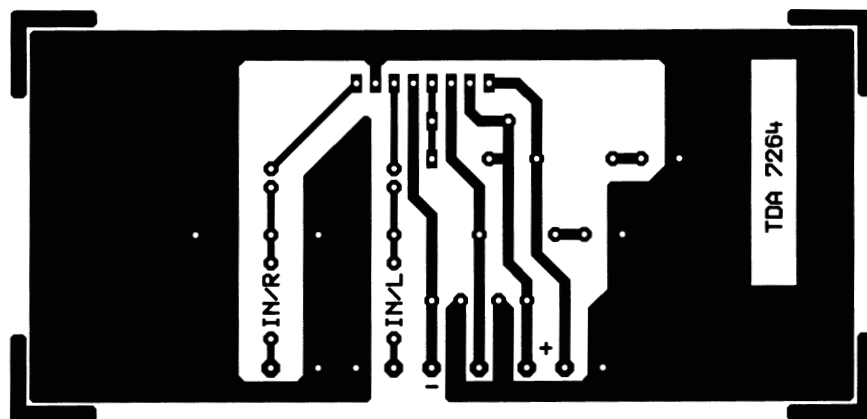
K vlastnímu zapojení: Schéma zesilovače je na obr. 50. Užitečný nízkofrekvenční signál je přiváděn přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C1 a ochranný rezistor R1 na vývod č. 10 IO1. Ke zmenšení nežádoucích rušivých vlivů na rozvod napájecího napětí je v kladné napájecí větvi zapojen tantalový kondenzátor C7 a keramický kondenzátor C8. V záporné napájecí větvi je ze stejných důvodů zapojen tantalový kondenzátor C10 a keramický kondenzátor C9.

Funkce stand-by lze využít odpojením rezistoru R6 od vývodu č. 4. K „neutralizaci“ vstupu při zapnutí funkce stand-by je připojen k vývodu č. 8 elektrolytický kondenzátor C6.

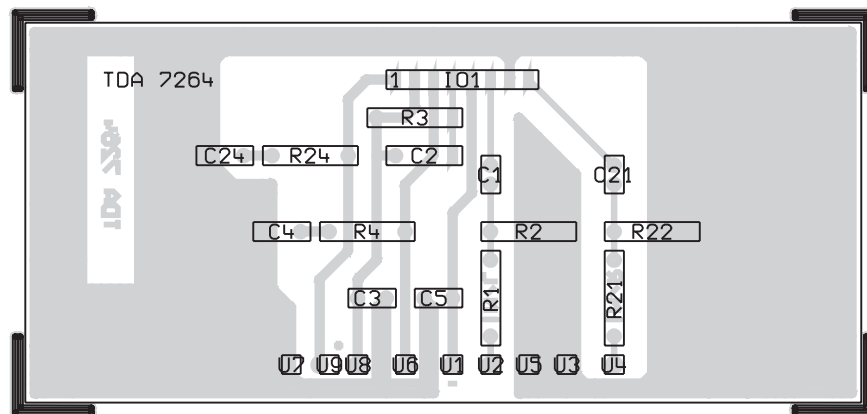
Zesílení zesilovače je nastaveno rezistory R3 a R2 a tento odporový dělič je oddělen od „země“ elektrolytickým kondenzátorem C2 (filtrace). Pro dokonalou symetrizaci zapojení a nastavení pracovního bodu neinverujícího vstupu výkonového zesilovače je k vývodu č. 10 připojen rezistor R8, který je svým druhým vývodem uzemněn. Pro zlepšení stability celého zapojení v akustickém a nadakustickém pásmu jsou v zapojení použity keramické kondenzátory C3, C4, C5, rezistory R4, R5, R7 a tlumivka L1. Článek R5-C5 je známý jednoduchý Boucherotův člen, který je doplněn článkem R7-L1.

Po ročních zkouškách těchto typů zesilovačů však mohou konstatovat (a výsledky měření to potvrdily), že při použití desky s plošnými spoji, která je na obr. 47, nebylo nutno tlumivku L1 a rezistor R7 použít.

Nejúčinnější filtrační účinek mají keramické kondenzátory C3 a C4.



Obr. 48, 49. Deska s plošnými spoji zesilovače s TDA7264 a deska, osazená součástkami



krokem tomu, že se může při závadě zesilovače zničit kmitací cívka v reproduktoru. Tavná pojistka v napájecích větvích možnost zničení kmitací cívky neodstraní.

Chladič je opět nutno izolovat od pouzdra integrovaného obvodu, nejlépe slídovou nebo teflonovou podložkou při natření styčných ploch silikonovou vazelinou.

Dosahovaný výkon při harmonickém zkreslení 0,2 %, výkonové šifce pásma 30 Hz až 12 kHz, zátěži 4 Ω a na kmitočtu 1 kHz je minimálně 25 W (sinus).

Seznam součástek

| | |
|----------|---|
| IO1 | TDA7264 |
| R1, R21 | 22 kΩ |
| R2, R22* | 4,7 kΩ (k úpravě vst. signálu 2,2 až 22 kΩ) |

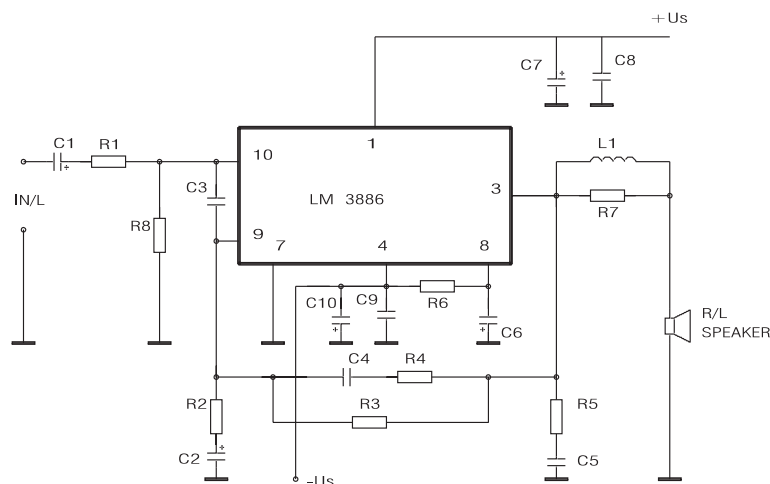
| | |
|----------------------------------|----------------------|
| R3 | 15 kΩ |
| R4, R24 | 4,7 Ω |
| rezistory jsou typu RR 0,6 W/1 % | |
| C1, C21 | 2,2 μF/35 V, typ SKR |
| C2 | 680 nF, TC 35. |
| C3, C5 | 100 μF/25 V, typ SKR |
| C4, C24 | 100 nF/40 V, TK... |

deska s plošnými spoji, chladič, spojovací materiál apod.

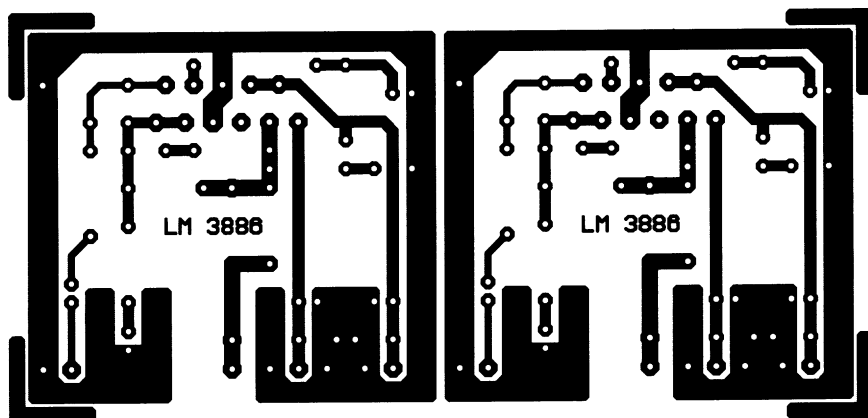
Rezistorový dělič na vstupu zesilovače je použit proto, protože zesílení integrovaného obvodu je pevně nastaveno výrobcem uvnitř čipu, a to na 30 dB.

Deska s plošnými spoji je na obr. 48 a rozložení součástek na obr. 49.

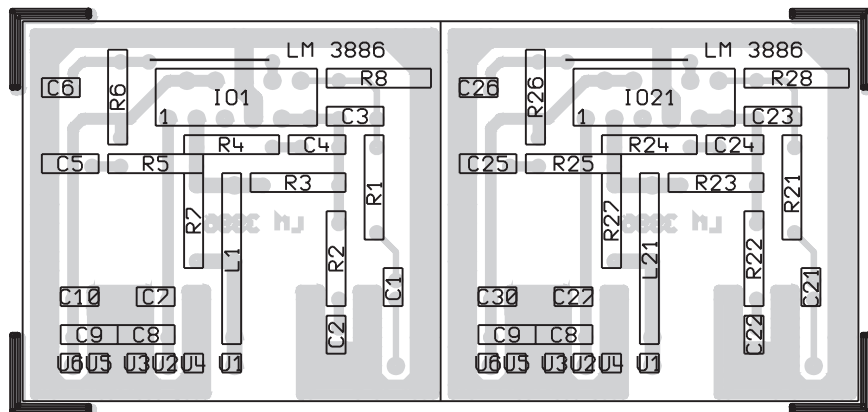
U tohoto zesilovače lze využít funkci stand-by (pohotovostní stav). Tuto funkci lze zapínat a vypínat buď



Obr. 50. Schéma zapojení zesilovače s LM3886



Obr. 51, 52. Deska s plošnými spoji pro zapojení z obr. 46 a deska, osazená součástkami



Zesílení zesilovače je nastaveno rezistory R3 a R2; zesílení lze měnit v rozsahu 20 až 40 dB při změně kompenzačních rezistorů u kondenzátoru C4.

S větším zesílením je však nutno zvětšit kapacitu tohoto blokovacího kondenzátoru. Kapacita kondenzátoru C3 vyhoví v celém uvedeném rozsahu zesílení.

Člen LR se svými účinky projevil při proměňování obvodu signálem obdélníkovitého průběhu o kmitočtu 100 kHz a se zátěží 4 Ω. Pokud se konstruktér rozhodne pro klid své konstruktérské duše článek RL v zapojení

použít, může tak bez potíží učinit. V desce s plošnými spoji je uvažováno s oběma variantami řešení - s článkem i bez článku RL.

Zapojení má ještě jednu přednost - není nutno používat zvláštní ochranný obvod proti lupancům a rázům v reproduktorech, neboť v IO je na čipu zapojen obvod, který tyto nežádoucí jevy účinně potlačuje.

Pro ochranu proti výskytu stejnosměrného napětí na výstupu doporučuji použít ochranný obvod (je např. v symetrickém napájecí typu D, obr. 32).

Ze zapojení lze získat sinusový výkon asi od 25 až do 60 W na kanál, podle použitého výkonového integrovaného obvodu, napájecího napětí a tvrdosti nestabilizovaného zdroje.

Deska s plošnými spoji je na obr. 51 a rozložení součástek na obr. 52. Při osazení předem proměřených pasivních součástek a po kontrole desky s plošnými spoji na zkrat nebo přerušení spojů a při dodržení zásad správné montáže IO1, IO21 a celkového zapájení funguje zapojení bez složitého oživování napoprvé.

Opět nezapomeňte bez připojení reproduktorových soustav zkontrolovat klidový napájecí proud, který by měl být v rozmezí 60 až 100 mA, a stejnosměrné napětí na vývodu č. 3. Mělo by se pohybovat mezi 0 až 20 mV.

Pokud je vše v pořádku a zesilovač nekmitá (poznáte podle teploty chladiče a kolísajícího odběru napájecího proudu), můžete připojit reproduktory a prověřit v provozu chování tohoto zdařilého koncového stupně.

Pouzdro je při montáži nutno galvanicky oddělit od chladiče, pokud je chladič spojen s nulovým potenciálem. Styčné plochy natřete silikonovou vazelinou.

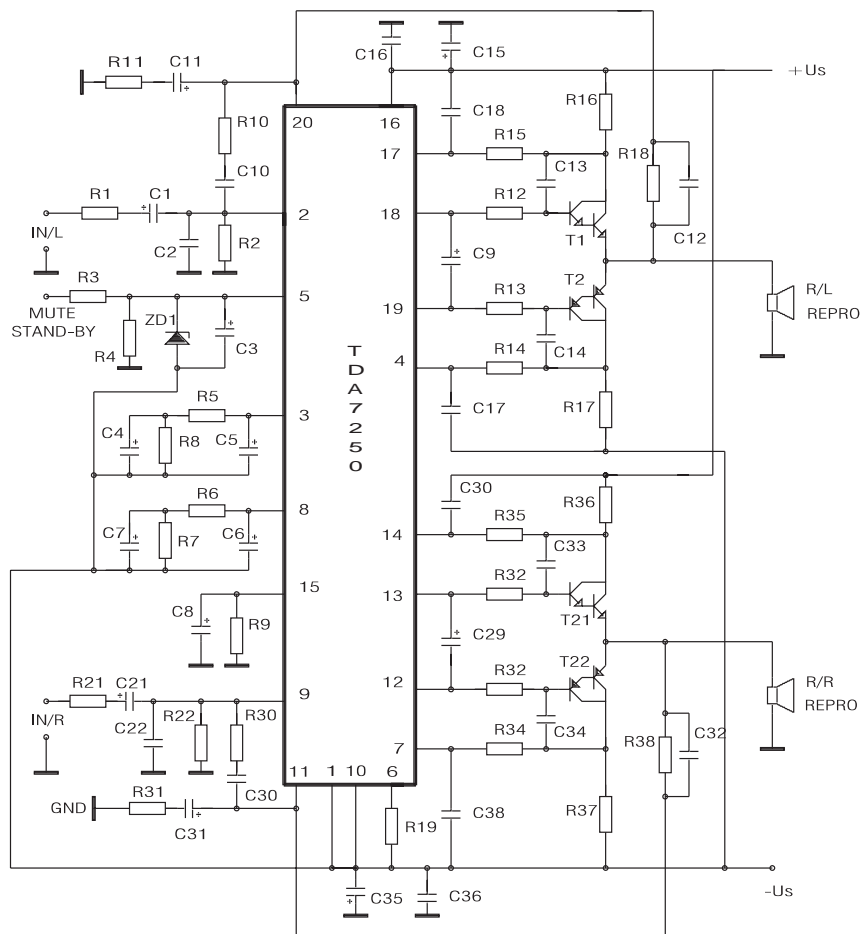
Součástky v pravém kanálu jsou označeny s indexem o 20 vyšším.

Seznam součástek

| | |
|------------------------------------|---|
| IO1, IO21 | LM3876 (LM3886, LM2876) |
| R1, R21 | 1 kΩ |
| R2, R22 | 680 Ω* (nastavení zesílení 470 Ω až 2,2 kΩ) |
| R3, R4, R8, R23, R24, R28, R9, R29 | 22 kΩ |
| R5, R25 | 3,3 Ω |
| R6, R26 | 33 kΩ |
| R7, R27 | 12 Ω |
| rezistory jsou typu RR 0,6 W/1 % | |
| C1, C21 | 2,2 μF/35 V, SKR |
| C2, C22 | 10 μF/25 V, SKR |
| C3, C23 | 220 pF/40 V, TK... |
| C4, C24 | 47 pF/40 V (39 až 68 pF) |
| C5, C8, C9, C25, C28, C29 | 100 nF/40 V, TK... |
| C6, C26 | 100 μF/25 V, SKR |
| C7, C10, C27, C30 | 10 μF/35 V, SKR tantal |
| L1, L21 | 12 závitů drátu o Ø 1,2 mm CuL na Ø 10 mm |

Koncový zesilovač s TDA7250

Jako poslední ukázkou výkonového zesilovače si uvedeme konstrukci, která je kombinací operačního zesilovače a výkonových tranzistorů. Největším problémem při zvětšování sinusového výkonu z pouzder výkonových operačních zesilovačů je jejich tepelný odpor a odvod tepla z čipu. Proto firma SGS Thompson vytvořila operační zesilovač, který obsahuje ve své struktuře veškeré obvody, zabezpečující bezchybný provoz moderního výkonového zesilovače. Obvody TDA7250 nevyžadují velký napájecí proud a proto odvod tepla z pouzdra je bezproblémový. Výstupní obvody pak napájejí výkonové tranzistory, které zabezpečí dostatečný akustický výkon.



Obr. 53. Koncový zesilovač s TDA7250

Schéma zapojení je na obr. 53. Jedná se v podstatě o mírně upravené aplikační zapojení výrobce. Popíšeme si zjednodušeně činnost levého kanálu.

Vstupní signál je veden přes ochranný rezistor R1, který výrazně přispívá k odstranění vlivu vysokofrekvenčního signálu na vstup, vývod č. 2. Signál je galvanicky oddělen elektrolytickým kondenzátorem C1.

Vstupní odpor zesilovače je nastaven rezistorem R2. Pro další zmenšení nežadoucích vysokofrekvenčních zámků na vstupu zesilovače je zapojen mezi vstupní vývod č. 2 a zem keramický kondenzátor C2.

Zesílení je nastaveno rezistory R18 a R11 při galvanickém oddělení elektrolytickým kondenzátorem C11. Toto zesílení je vhodné volit mezi 20 až 40 dB.

K omezení napájecího proudu do báze výstupní Darlingtonovy dvojice tranzistorů T1 a T2 je výstupní signál z IO1 veden přes omezovací rezistor R12, R13.

Napětí pro vnitřně vestavěné ochrany jsou snímána z výkonových rezistorů R16 a R17 a přes ochranné rezistory R14 a R15 vedena na vývody č. 17 a 4.

Funkce stand-by pracuje tak, že napětí pro řízení tohoto obvodu je přiváděno z $-U_s$. Pro omezení tohoto řídicího napětí je na vývod č. 5 zapojena Zenerova dioda ZD1 a rezistorový dělič napětí R3, R4. Není-li rezistor R3 připojen k $-U_s$, zesilovač je v klidovém stavu a odebírá minimální klidový proud, který by měl být asi 20 mA. Ostatní součástky, tj. rezistory a kondenzátory, ať již elektrolytické nebo keramické, zlepšují celkovou stabilitu zesilovače a zabezpečují jeho snadné oživení a bezproblémovou funkci během provozu.

Součástky pro pravý kanál jsou shodné a o číselný index 20 vyšší.

Deska s plošnými spoji je na obr. 54 a rozložení součástek na obr. 55.

Výkon zesilovače se pohybuje podle napájecího napětí a výkonové dvojice tranzistorů při zátěži 4 Ω od 30 do 130 W sinus na kanál. Při zátěži 8 Ω jsou výkony přibližně poloviční.

Velice důležité při ožívování je galvanicky oddělit výkonové tranzistory od chladiče pomocí slidových nebo teflonových podložek. Taktéž galvanicky oddělte přes distanční podložky spojovací šroubky. Při použití napájecího uvedeného v další kapitole tohoto konstrukčního čísla je n_f výkon min. 40 W/4 Ω /kanál.

Harmonické a intermodulační zkreslení je hluboko pod prahem postřehnutelnosti, je asi 0,06 %.

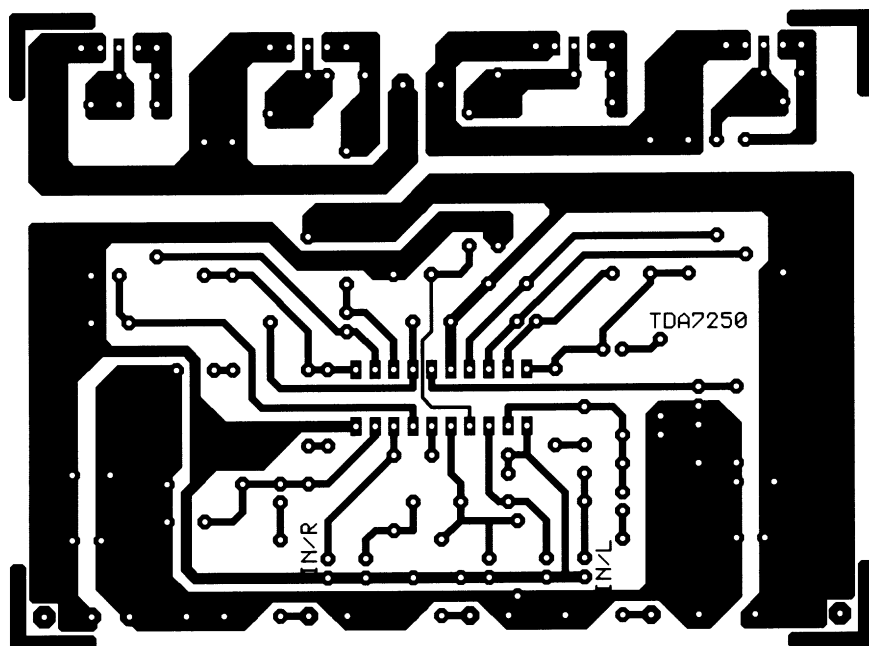
Napájení zesilovače je doporučováno v mezích ± 10 V až ± 45 V.

Oživení je snadné a bezproblémové. Při odpojených reproduktorových soustavách zkontrolujeme klidový napájecí proud a velikost stejnosměrného napětí na emitorech výkonových tranzistorů T1 a T2.

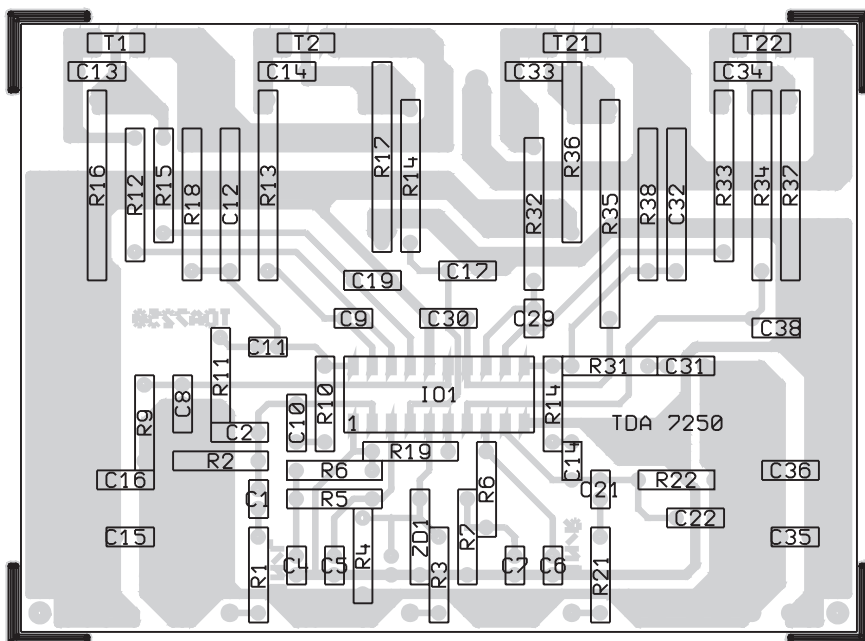
Je-li napájecí proud v požadovaných mezích a stejnosměrné výstupní napětí se pohybuje do max. 20 mV, je vše v pořádku a můžeme po vybití napájecích elektrolytických kondenzátorů připojit reproduktorovou soustavu. Při ožívování je zesilovač v poloze Mute.

Seznam součástek

| | |
|--------------|---------------|
| IO1 | TDA 7250 |
| ZD1 | BZX83/4V7 |
| T1, T21 | TIP132 |
| T2, T22 | TIP137 |
| R1, R21 | 1 k Ω |
| R2, R22, R19 | 22 k Ω |



Obr. 54. Deska s plošnými spoji zapojení z obr. 49



Obr. 55. Deska s plošnými spoji, osazená součástkami

| | |
|-----------------------------|--|
| R3 | 1,5 kΩ |
| R4 | 1,8 kΩ |
| R5, 6 | 2,7 kΩ |
| R7, 8 | 100 kΩ |
| R9 | 10 kΩ |
| R12, R13, R22, R23 | 390 Ω |
| R14, R15, R24, R25 | 33 Ω |
| R11, R31 | 1,2 kΩ* (nastavení zesílení 470 Ω až 2,2 kΩ) |
| R18, R28 | 47 kΩ |
| R10, R30 | 560 Ω |
| rezistory typu RR 0,6 W/1 % | |
| R16, R17, R36, R37 | 0,12 Ω/2 W (0,1 Ω/2 W) |

| | |
|---|-----------------|
| C1, C3, C5, C6, C8, C21 | 2,2 μF/35 V |
| C4, C7 | 22 μF/35 V |
| C11, C31 | 100 μF/25 V |
| C9, C29 | 4,7 μF/25 V |
| C15, C35 | 100 μF/50 V |
| C2, C18, C22, C38 | 100 pF/40 V, TK |
| C10, C30 | 1,2 nF/40 V, TK |
| C13, C14, C33, C34 | 150 pF/40 V, TK |
| C12, C32 | 22 pF/40 V |
| elektrolytické kondenzátory jsou typu SKR | |

Ostatní součástky

deska s plošnými spoji, distanční podložky, slídové podložky, silikonová vazelina, chladič ZH 610, spojovací šroubky

Napájecí zdroj D

Pro zesilovače, které vyžadují symetrické napájení, se velice dobře hodí napájecí zdroj, jehož schéma je na obr. 56. Na primární straně napájecího transformátoru TR1 je zapojen kolébkový spínač se signalizační LED zelené barvy, trubičková pojistka 5x20 mm a odrušovací kondenzátor C12.

Sekundární silové vinutí je navinuto symetricky a střídavé napětí je přiváděno na diodový můstek MD1, který

toto střídavé napětí usměrní. K filtraci jsou použity elektrolytické kondenzátory s velkou kapacitou, v kladné větvi je to C2, C22 a v záporné větvi C3, C23. Stejnoseměrné nestabilizované napětí je již dříve trubičkovými pojistkami Po2 a Po3 a slouží k napájení výkonových koncových zesilovačů. Pro napájení korekčních obvodů a ochrany reproduktorů je použito stabilizované napětí, které je odvozeno z napětí hlavního - silového. Pro zmenšení výkonového namáhání plastových stabilizátorů a podle typu výkonového transformátoru jsou k jednotlivým typům koncových zesilovačů použity srazící rezistory R10, R11.

Rezistor R10 je předřazen stabilizátoru IO1, který napájí korekční zesilovače, indikátory vybuzení apod. Na jeho výstupní svorky jsou ze strany plošných spojů připájeny blokovací keramické kondenzátory C4, C5. Přes rezistor R11 je napájen stabilizátor IO2, který má ke své vstupní svorce připojen filtrační elektrolytický kondenzátor C6. Opět na jeho svorky ze strany plošných spojů jsou připájeny blokovací keramické kondenzátory C7, C8.

K indikaci zapnutí přístroje je zapojena signalizační LED zelené barvy z kolébkového spínače.

Zpoždovací obvod pro připojení reproduktorů pracuje na známém principu. Po přivedení stejnosměrného napětí ze stabilizátoru IO2 se začne přes dělič R1 a R2, kterým je nastavená hranice napětí na R2 na 1,8 V, a přes rezistor R3 postupně nabíjet elektrolytický kondenzátor C9. Při dosažení prahové úrovně spínání Darlingtonovy dvojice T1, T2 se tato dvojice skokově otevře a propojí cívku výkonového relé se zemí a zůstane v tomto stavu až do odpojení stejnosměrného napájecího napětí. Relé přitáhne a sepne přes výkonové kontakty reproduktoro-

vou soustavu k výkonovému zesilovači.

Zpoždění se dá nastavit změnou kapacity kondenzátoru C9 nebo změnou odporu rezistoru R3. Vzhledem k vybíjecímu cyklu raději doporučuji případně měnit kapacitu elektrolytického kondenzátoru C9.

Pro potlačení napěťových špiček na indukční zátěži slouží ochranná dioda D3. Dioda D2 slouží k tomu, aby se tranzistory T1 a T2 neotevřely skokově ihned při přivedení napájecího napětí na obvod. Při odpojení napájecího napětí se zpoždovací elektrolytický kondenzátor C9 ihned přes rezistor R3 a R2 vybíjí a kotva relé ihned odpadne.

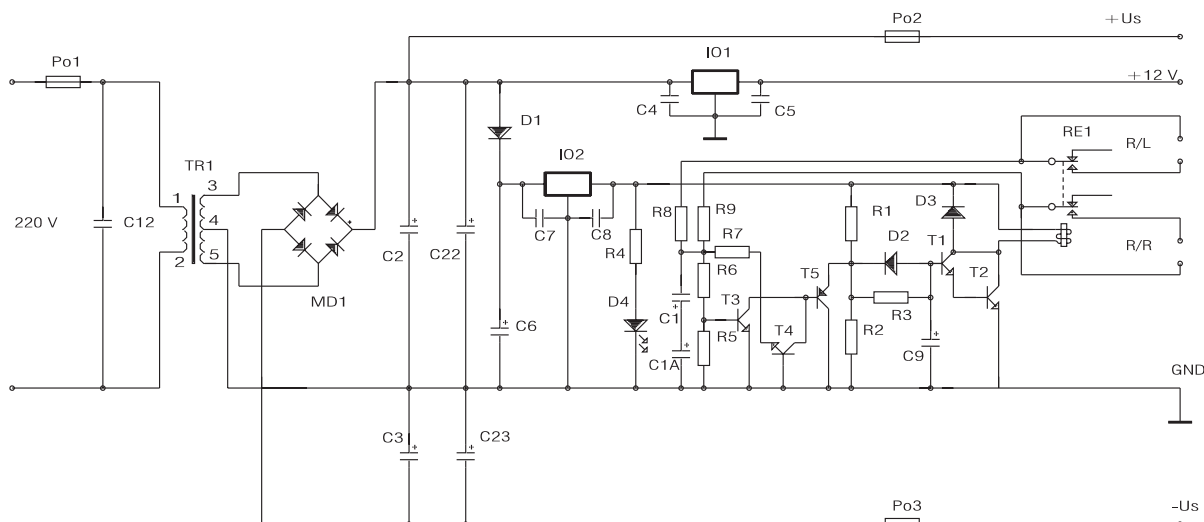
Dále je zapojení vybaveno obvodem, který ochrání reproduktory před nežádoucím stejnosměrným napětím kladné nebo záporné polarity, dojde-li v provozu výkonového zesilovače k nekontrolovatelné situaci. Při bezporuchovém provozu by se stejnosměrné napětí mělo pohybovat v oblasti maximálně jednotek milivoltů. Ochrana je navržena tak, že nastane-li porucha v kterémkoliv kanálu, okamžitě zareaguje na vzniklou havárii a okamžitě odpojí oba kanály od výstupů zesilovačů. K tomu slouží slučovací rezistory R8 a R9. Pokud se objeví na výstupních svorkách kladné napětí větší než 0,8 V, skokově se přes slučovací rezistory R8, R9 a oddělovací rezistor R6 otevře tranzistor T3, který okamžitě otevře tranzistor T5 a ten svým přechodem emitor-kolektor zkratuje rezistor R2, proto se okamžitě vybíje elektrolytický kondenzátor C9 a následně odpadne kotva relé.

Proti zákrmitům při provozu zesilovačů je zapojen elektrolytický kondenzátor C1 a C1A jako bipolární, protože obvod hlídá i záporné chybové napětí. Při záporném napětí se tranzistor T3 neotevře a nereaguje na poruchu, jelikož je otevírán kladným napětím, které je přiváděno na bázi přes rezistor R6. Záporné napětí je přiváděno přes ochranný rezistor R7 na emitor tranzistoru T4, který se stane přes přechod emitor-kolektor vodivý a záporné napětí se přivede na bázi tranzistoru T5, který se tím skokově otevře a zapojení funguje stejně jako při přivedení kladného napětí. Zapojení funguje spolehlivě a bezproblémově.

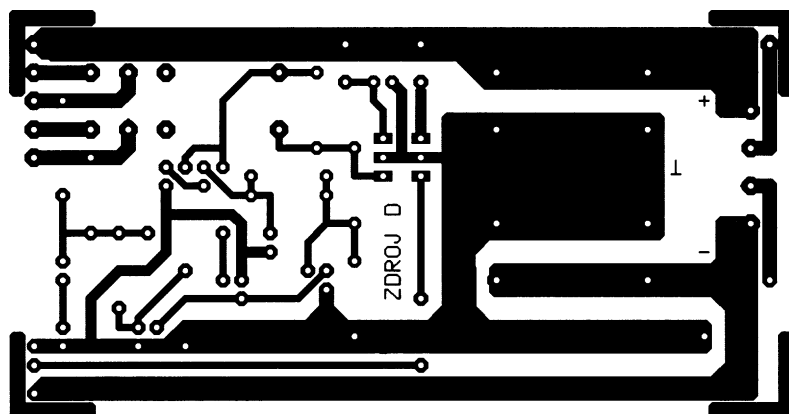
Deska s plošnými spoji je na obr. 57 a rozložení součástek na desce s plošnými spoji na obr. 58. Pro spolehlivé spínání tranzistoru je v bázi T3 zapojen rezistor R5.

Seznam součástek

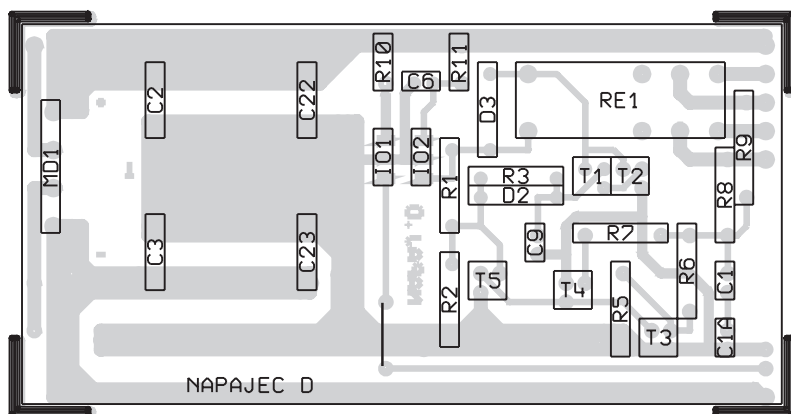
| | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Polovodičové součástky | |
| MD1 | diodový můstek KBP - 8D (KBP 6D, 6M) |
| IO1, IO2 | LM7812 |
| D2 | 1N4148 (KA206, 222, ..) |
| D3 | 1N4002 (KY130/80) |
| D4 | LED zelená v kolébkovém spínači |
| T1, T3, T4 | KC237B (KC507, BC5..) |



Obr. 56. Napájecí zdroj D se symetrickým výstupním napětím



Obr. 57, 58. Deska s plošnými spoji napájecího zdroje a deska, osazená součástkami



T2 KC639 (BC639, KF506)
T5 KC 307B (KC 508B)

Ostatní součástky

Rezistory RR 0,6 W/1 %

R1 10 k Ω

R2 1,8 k Ω

R3 33 k Ω

R8, R9 18 k Ω

R6 820 Ω

R5, R7 4,7 k Ω

R10, R11 120 Ω /2 W* (podle napájecího napětí výkonového zesilovače)

Kondenzátory

C9, C6 100 μ F/25 V

C1, C1A 22 μ F/25 V

C2, C22, C3, C23 4700 μ F/35 V
C4, C5, C7, C8 100 nF, TK

RE1 relé Schrack (Finder)

12 V, 2 páry kontaktů
deska s plošnými spoji, trubičková pojistka 5x20 - 4A/F, 0,4A/F

TR1 transformátor 230 V/2x
12,0 až 25V, 12 V/5 VA,
50 až 200 VA

Praktické zkušenosti

Všechny zde publikované konstrukce byly vybrány tak, aby svou koncepcí (i jednoduchostí) byly vhodné i pro začínající a mírně pokročilé radioamatéry. Při dodržení nejdůležitějších zásad, kterými jsou kontrola plošných spojů proti světlu na trhliny, přerušení nebo spojovací můstky a při proměření pasivních součástek na zkrat nebo svod, lze při průměrné zdatnosti postavit např. kompletní nízkofrekvenční zesilovač za 6 hodin.

K pájení použijte mikropáječku s regulací teploty, např. ERS-50. V nouzi lze s úspěchem použít i klasickou pistolovou páječku s tenkým hrotem. Z měřících přístrojů je plně postačující digitální multimetr alespoň 3,5místný, který slouží především k měření „statických“ velikostí klidového napájecího proudu a stejnosměrného napětí v příslušných bodech jednotlivých modulů.

Korekční zesilovač s LM1036 je napájen nesouměrným napětím 12 V. U tohoto modulu je nutno zkontrolovat klidový proud (35 až 50 mA), stejnosměrné napětí 6 V na vývodu č. 6 IO1, IO21 a na vývodu č. 17 IO2 asi 5,4 V. Na běžících regulačních potenciometrech se musí měnit stejnosměrné napětí od 0 do 5,4 V. U potenciometru hlasitosti se mění napětí na běžci od 0,7 V do 5,4 V (regulace hlasitosti posunuta mimo nulovou úroveň).

U korekčního zesilovače s NE5532 při napájení ze zdroje souměrného napětí ± 12 V naměříte na vývodech č. 6 nulové stejnosměrné napětí, klidový proud by se měl pohybovat v rozmezí 10 až 20 mA.

U koncových zesilovačů, které pracují v můstkovém zapojení, musí být stejnosměrné napětí na svorkách reproduktoru blízké nule, maximálně do 20 mV. V opačném případě je nutno okamžitě zesilovač vypnout a začít hledat možnou příčinu závady. V mno-

ha případech vzniká tento nedostatek nedokonalým připájením součástek k příslušným plošným spojům. U těchto zesilovačů je možné propojit chladič s nulovým potenciálem, není jej nutno od pouzdra výkonového operačního zesilovače elektricky izolovat.

Napájecí zdroje pro výkonové zesilovače je možné použít jak s ochranou proti stejnosměrnému napětí na výstupních svorkách pro připojení reproduktorových soustav, tak bez této ochrany. Zároveň lze vynechat i zpěťovací obvod pro odstranění lupanců a rázů v reproduktorech. Je jen věcí konstruktéra, kterou variantu zvolí. Doporučuji ochrany použít, protože spálenou kmitací cívku drahého reproduktoru (při přítomnosti nadměrného stejnosměrného napětí na svorkách reproduktoru) není většinou možno ani opravit.

Chladiče pro výkonové IO lze použít i bez povrchových úprav (černění, eloxování, nastříkání černou matnou barvou). Moduly jsou koncipovány tak, aby chladiče mohly být připevněny k modulu vertikálně. Styčné plochy by měly být pro dokonalý odvod tepla bez rýh a škrábanců a dokonale natřeny silikonovou vazelinou. V nouzi lze použít i silikonový olej, který může být i ve spreji. Spojovací šrouby lze použít buď samořezné, nebo je třeba opatřit díry v chladiči metrickým závitem M3. Při vrtání však zvolte raději menší průměr vrtáku (pro M3 vrták o \varnothing 2,0 mm, jde o hliník).

U zesilovače s IO TDA7250 se výkonové tranzistory různí podle požadovaného sinusového výkonu:

zátěž 4 Ω : 30 W - BDW93/94A
 ± 20 V,
 50 W - TIP132/137,
 BDX33/34C
 ± 28 V,
 80 W - TIP142/147
 ± 35 V

Úměrně k výkonu je nutno zvětšit i chladič, který je nutno izolovat od výkonových tranzistorů a stykové plochy je nutno dokonale natřít silikonovou vazelinou nebo silikonovým olejem.

Napájecí zdroje mohou ke své činnosti využívat transformátory s plechy EI či M, s jádry C nebo toroidní transformátory. Nejlepších výsledků lze z hlediska dosahovaného výkonu a rušivého vyzařování dosáhnout u toroidních transformátorů. Bohužel jejich cena je však dosti značná. Nejlepší poměr výkonu k ceně je u transformátorů s plechy EI. Nejméně vhodná jádra pro transformátory pro amatérské využití (tj. vlastní navíjení) jsou jádra C. Dotáhnout dvě poloviny jádra k sobě tak, aby při provozu jádro C nebručelo, je v amatérských podmínkách téměř nemožné. Občas se vyskytují ve výprodejích různé transformátory s jádry C z Polska, zákon

schválnosti je však v tom, že obvykle nemají požadované sekundární napětí.

Napětí pro řízení korekčních a nebo jiných pomocných obvodů je možné zabezpečit buď přímo ze silového vinutí, určeného pro napájení koncového stupně, nebo ze samostatného vinutí. Při samostatném vinutí stačí pro napájení pomocných obvodů jednoduchý usměrňovač s jednou usměrňovací diodou. Výkonový diodový můstek může být nahrazen i výkonovými diodami, které je však třeba obvykle umístit mimo desku s plošnými spoji na vhodný chladič, pokud nepoužijeme plastové diody P600B. Diodový můstek je k desce s plošnými spoji připojen tak, aby jej bylo možno přišroubovat ke chladiči nebo ke kovovému šasi skříňky. Můstky mají nevýhodu v tom, že pokud nejsou dostatečně chlazeny, tak dosti „topí“. Velikost transformátoru se úměrně zvětšuje s požadovaným výkonem a při výkonu zesilovače 2x 80 W je nutno použít transformátor, dimenzovaný na výkon 200 W. Pokud je možno vložit mezi primární a sekundární vinutí stínící fólii, tak to vřele doporučuji. Pozor jen na to, aby fólie netvořila závit nakrátko.

Aby se výskyt „brumů“ omezil na minimum, je velice důležitá zásada správného zemnění. Výkonový zesilovač se snažíme zemnit co nejbližše elektrolytického kondenzátoru v napájecí. Signálovou zem propojujeme na straně vstupu k vývodu č. 2 vstupního konektoru a na výkonových zesilovačích ve smyslu připojení vstupního signálu u jednotlivých modulů. Tuto zem tvoří stínění přírodního signálového kablíku. Další, neméně podstatnou zásadou je, umisťovat vždy transformátor co nejdále od vstupních obvodů a napájecí vodiče volit co nejkratší.

Signalizaci zapnutí přístroje lze realizovat nejrušnějším způsobem. Jako nejvhodnější se ukázalo použít kolébkový spínač s integrovanou svítivou diodou, která může být zelená či žlutá.

K propojení primární strany transformátoru a kovové skříňky doporučuji použít třípramennou flexošňůru.

Skříňka zesilovače je věcí fantazie konstruktéra. Na trhu je mnoho univerzálních přístrojových skříněk, které vyhovují jak rozměry, tak i povrchovou úpravou. Vestavění zesilovače pak spočívá jen v přesném vyvrtání příslušných děr a v případném popsání předního panelu Propisotem nebo sítotiskem. Pak by již k profesionální dokonalosti amatérského výrobku nemělo nic chybět, snad jen značka EZÚ.

Všechny konstrukce lze vhodně doplnit třeba indikátory vybití nebo přebuzení, vstupními zesilovači apod., které jsem nedávno publikoval a o něž zájem radioamatérů neustále přetrvává.

Citlivost koncových zesilovačů je v mezích 100 mV až 1,55 V, korekčních zesilovačů kolem 100 mV. Výstupní napětí korekčních zesilovačů je podle typu 100 mV až 1,55 V.

Světelné efekty

Je až s podivem, jak obrovský zájem mezi nejrušnějšími vrstvami našeho obyvatelstva panuje o nejrušnější světelné efekty, které doprovázejí reproduktorem hudbu. Dobře jsou si toho vědomi i výrobci spotřební elektroniky a hlavně ti z Dálného východu, kteří vtipně a nebo i nevtipně doplňují ve většině případů svá nevalnou kvalitou charakteristická zařízení spotřební elektroniky za pomoci asijských obchodníků na nejrušnějších burzách. Kvalita prodávaných zařízení je však pro ty zákazníky, kterým nevadí například magnetofonových pásek při přehrávání, vynechávající regulace hlasitosti a jiné občasné neduhy, vyhovující.

Mezi nabízená zařízení patří i doplňková světelná zařízení. Ta pracují na nejrušnějších principech. Některá využívají zvukového spektra reproduktované hudby, jiné se zvukovým přenosem nemají vůbec nic společného a rozvíjejí se či zhasínají v závislosti na použitých různých děličkách kmitočtu a posouvajících se čítačů, nebo pracují s generátory nahodilých kombinací. Zákaznický integrovaný obvod pro uvedená zařízení není problémem vyrobit a jeho pořizovací náklady jsou minimální.

Nejčastějšími barvami, které se v různých kombinacích obměňují, jsou červená, žlutá, zelená, modrá a někdy i fialová. Podle kmitočtového spektra se signálu s nejnižším signálem - lidově basům - přiřazuje „teplá“ barva a tou je červená. Tato barva má z používaných barev největší délku vlny (0,65 až 0,75 μ m, tj. kmitočet asi 450 až 400 THz). Středním kmitočtům se nejčastěji přiřazuje barva žlutá a nejvyšším kmitočtům - lidově výškám - barva zelená nebo modrá. Toto rozdělení platí ve většině případů u barevných hudeb tříkanálových. Pokud konstruktér rozdělí akustické pásma na kanály - pásma čtyři, tak se výšky obvykle rozdělí na pásma dvě a žárovky jsou použity zelená a modrá, případně fialová. Těchto barevných kombinací využívají i nejrušnější světelné „hady“.

V této závěrečné kapitole Konstrukční elektroniky se podrobněji seznámíme s několika typy barevných hudeb, které pracují na odlišném principu, než jaké byly publikovány v minulosti. Popisovaná zařízení umožňují měnit jas barevných žárovek v rytmu reproduktované hudby. Odstraňují nedostatek jednoduchých barevných hudeb, které sepnou výkonový spínací prvek (tyristor, triak - žárovka se rozsvítí) jen při dosažení určité prahové spínací úrovně. Všechny dále uvedené typy barevných hudeb využívají k zabezpečení změny jasu barevné žárovky oscilátor a vyhodnocovací obvody. Ale o tom podrobněji u jednotlivých zapojení.

Barevná hudba E

Schéma zapojení je na obr. 55. Vstupní signál z univerzálního výstupu nízkofrekvenčního zařízení je veden na sluchovací rezistory R51, R61. Na stránkách různých časopisů byly publikovány barevné hudby, které ke sloučení signálu z levého a pravého zvukového kanálu využívaly různých elektronických sluchovačů, někdy i tandemových potenciometrů. Jsem přesvědčen, že sloučení signálu dvěma rezistory je naprosto vyhovující a pro barevné hudby dostačující.

Sloučený nízkofrekvenční signál postupuje přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C51 na čtyřnásobný operační zesilovač. Jeden z operačních zesilovačů zesiluje užitečný signál na úroveň, požadovanou pro dobrou činnost dalších obvodů barevné hudby a další tři operační zesilovače jsou využity jako „emitorové“ sledovače k oddělení a vzájemnému neovliv-

ňování jednotlivých kmitočtových kanálů.

Předpětí pro neinvertující vstup IO1A je zabezpečeno rezistorovým děličem R52, R53 a R54. Pro potlačení nežadoucího signálu a „vlivů“, přicházejících po napájecí lince, je v děliči napětí zapojen elektrolytický kondenzátor C52. Zesílení tohoto napětového zesilovače je nastaveno děličem R56 a R55 a je zhruba 30.

Nezbytné galvanické oddělení je zabezpečeno elektrolytickým kondenzátorem C53. Stabilitu v nadkustickém pásmu zlepšuje keramický kondenzátor C54, který velice účinně potlačuje případné kmitání.

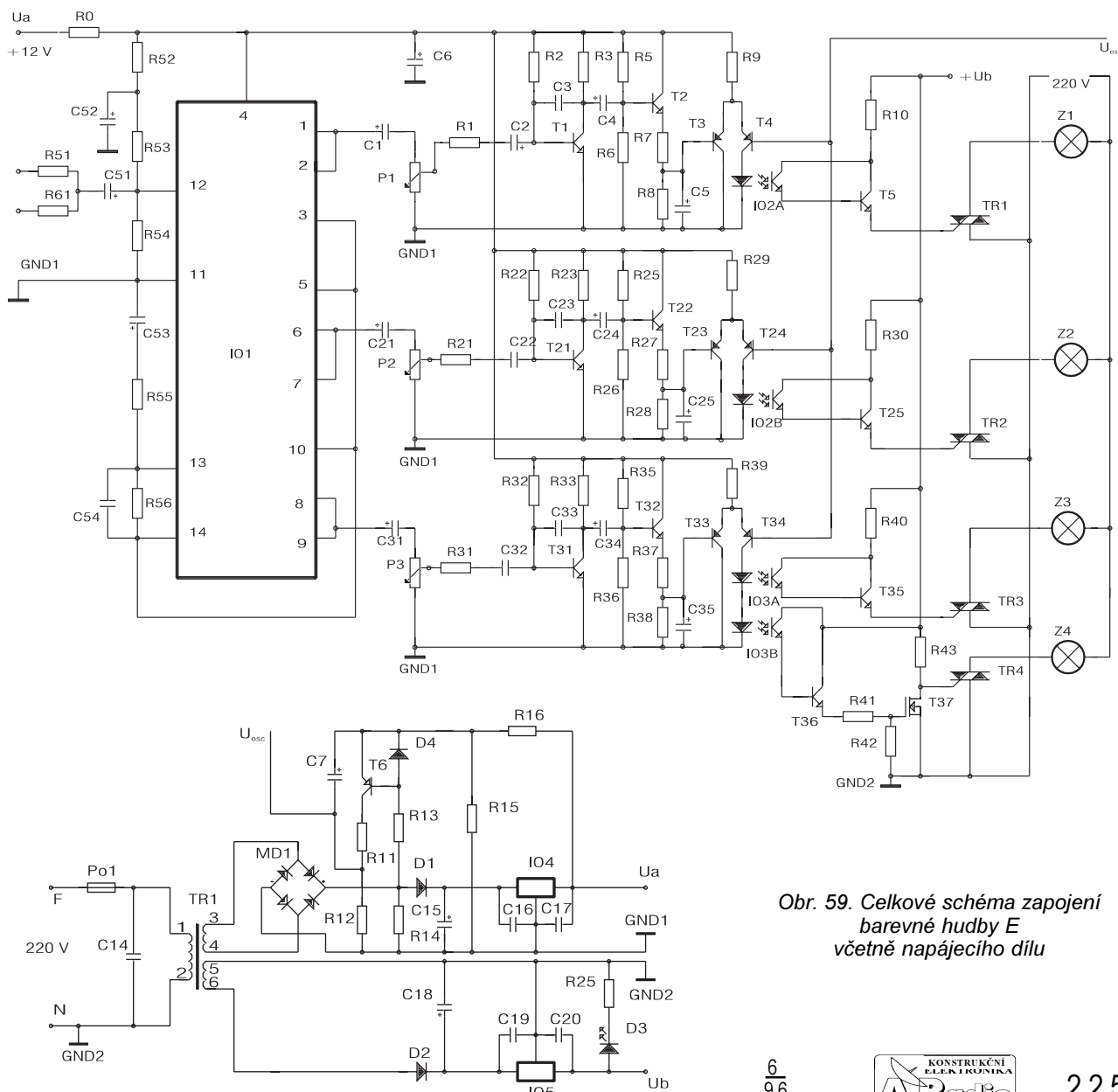
Další tři operační zesilovače, tj. IO1B, IO1C a IO1D, jsou zapojeny jako „emitorové“ zesilovače se zesílením kolem 1. Jelikož jsou na předcházející zesilovací stupeň vázány stejnosměrně, je na výstupech těchto zesilovačů polovina napájecího napětí, tj. 6 V. Tímto způsobem je hu-

dební signál rozdělen na tři samostatné, na sobě nezávislé zvukové kanály se stejnou signálovou úrovní užitečného signálu. Ke galvanickému oddělení elektrických potenciálů jsou v zapojení použity elektrolytické kondenzátory C1, C21 a C31.

Úroveň užitečného signálu můžeme podle vlastní libovůle řídit v každém kanálu samostatně potenciometry P1 až P3, aniž by při změně řídicího napětí jednoho kanálu došlo ke změně v kanálu druhém.

Tato barevná hudba zpracovává tedy celé kmitočtové nf spektrum, rozdělené na tři „světelné“ kanály s inverzní barvou v kanálu výšek. Pro jednoduchost a snadnější vysvětlení principu si popíšeme kanál pro výšky s připojením „inverzní“ žárovky.

Užitečný signál z potenciometru P3 je veden přes omezovací rezistor R31 na aktivní filtr. Pro úpravu nízkofrekvenčního signálu se používají pasivní filtry složené z článků RC, výjimečně z článků LC nebo RLC, nebo filtry aktivní. V aktivních filtrech se po-



Obr. 59. Celkové schéma zapojení barevné hudby E včetně napájecího dílu

užívají tranzistory, integrované obvody, případně jejich kombinace.

Pro dobrou činnost stačí volit selektivitu pásmové propusti 6 dB/oktávu. Pro jednoduchost a láci zapojení používám v zapojení jednoduché aktivní filtry, složené z tranzistorů.

Kmitočtové pásmo výšek určují především kondenzátory C32, C33, které jsou zapojeny v bázi vstupního tranzistoru T31. Kondenzátor C32 určuje dolní kmitočet přenášeného pásma a C33 horní kmitočet tohoto kanálu. Je možné diskutovat i o tom, že kmitočet kanálu je ovlivněn také vstupním odporem tranzistoru T31 a T32. S tím lze souhlasit, pro zjednodušení můžeme tento fakt připustit, neboť meze kmitočtových pásem není třeba pro jednotlivé kanály přesně definovat.

Bylo by samozřejmě možné matematicky odvodit pásmo propustnosti relativně přesně, přesně spočítat kapacitu kondenzátorů ve filtrech apod., to však zabírá příliš mnoho času a navíc to ani není pro použití v barevné hudbě třeba. Jednodušší a rychlejší cestou je filtr zkonstruovat do „vrabčího hnízda“ na pokusnou destičku a signálním generátorem s proměnným řízením kmitočtu a nf milivoltmetrem jednotlivá pásma doladit podle potřeb uživatele.

Výhoda aktivního filtru spočívá ještě v zesílení signálů vybraných kmitočtů, určených pro další zpracování. Vybraný a zesílený signál je odebrán přes oddělovací kondenzátor C34 do usměrňovacího filtru, tvořeného tranzistorem T32. Nezbytné předpětí báze je nastaveno odporovým děličem s rezistory R35 a R36, zároveň je tímto děličem nastaveno klidové napětí na elektrolytickém kondenzátoru C35. Je-li na bázi T32 kladná půlvlna střídavého napětí, tranzistor se skokem otevře a napětí na C35 se zvětší o mezivrcholové vstupní střídavé napětí. Při záporné půlvlně je tranzistor uzavřen a C35 se vybíjí přes rezistor R38. Rezistor R37 zabraňuje zničení tranzistoru proudovými nárazy při nabíjení kondenzátoru.

Z kondenzátoru C35 je užitečný signál veden do diferenčního zesilovače, který tvoří tranzistory T33 a T34. K bázi T34 je připojen výstup oscilátoru a k bázi T33 výstup předcházejícího usměrňovače. Otevřen je vždy ten tranzistor, na jehož bázi je menší napětí vzhledem k zemi. To znamená, že T34 se otevře, bude-li úroveň napětí z oscilátoru menší než úroveň napětí dodávaného usměrňovačem z předcházejícího obvodu.

V kolektoru T34 jsou zapojeny LED optočleny, které slouží jednak ke galvanickému oddělení potenciálů v barevné hudbě a jednak k přenosu užitečného signálu do dalších obvodů barevné hudby. Statický proud těchto

diod je nastaven rezistorem R39. Vede-li T34, rozsvítí se diody v IO3A a IO3B. Osvícením bázevého přechodu optotranzistoru se tranzistor uvede do vodivého stavu a sepne výkonový tranzistor T35, který sepne triak TR3 - tím se rozsvítí žárovka zelené barvy.

Spínací proud řídící elektrody tohoto triaku je nastaven rezistorem R40. Inverzní část zapojení pro modrou barvu pracuje na poněkud jiném principu. Řídící elektroda triaku TR4 je přes ochranný rezistor R43, který určuje její spínací proud, trvale připojena ke zdroji napájecího napětí. Pro zhasínání této inverzní žárovky je s úspěchem použit tranzistor typu V-MOS, který může spínat proud až 230 mA. Pro jednoduchost zapojení byl vybrán právě tento obvod, protože tranzistory tohoto typu jsou řízeny napětově.

Z emitoru T36 je přes ochranný rezistor R41 řízena vstupní elektroda tranzistoru T37, která má ve svém obvodu pro spolehlivé spínání zapojen rezistor R42.

Oscilátor je osazen tranzistorem T6 a dodává záporné napětí pilovitého průběhu synchronní s napětím sítě - prochází-li sinusovka síťového napětí nulou, je napětí na rezistoru R14 menší než 6 V a přes R13 se otevírá tranzistor T6. Elektrolytický kondenzátor C7 se rychle vybije přes rezistor R11. Zvětší-li se napětí na R14 nad 6 V, tranzistor T6 se okamžitě uzavře a elektrolytický kondenzátor C7 se začne přes rezistor R12 pomalu nabíjet. Děj se opakuje v každé pulzperiodě síťového napětí na sekundární straně transformátoru TR.

Výstupní napětí pilovitého průběhu má amplitudu asi 1 V. Dioda D4 chrání přechod báze-emitor tranzistoru T6 před proražením.

Napájení barevné hudby je řešeno velice úsporným způsobem. Na primární straně malého transformátoru, určeného pro plošné spoje, je zapojen kolébkový spínač s vestavěnou LED D3, trubičková skleněná pojistka 5x 20 mm a odrušovací kondenzátor C14.

Protože zapojení využívá ke galvanickému oddělení síťového napětí optočleny, je pro spínání síťových žárovek použito triaků a žárovky nejsou připojovány na nutně robustní oddělovací transformátor. Tím se ovládací panel stal z hlediska rozměrů malý a lehký.

První část barevné hudby je napájena z usměrňovače MD1, který je zároveň využit i pro snímání oscilátorového napětí. Přes oddělovací diodu D1 je usměrněné tepavé napětí filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C16. Vyfiltrované stejnosměrné napětí je stabilizováno plastovým stabilizátorem IO4. K výstupním svorkám tohoto stabilizátoru jsou ze strany plošných spojů připájeny blokovací keramické kondenzátory C16, C17. Výstupní napětí 12 V je zároveň využi-

to pomocí rezistorového děliče R15 a R16 k napájení emitoru tranzistoru T6 v obvodu oscilátoru.

Silová část barevné hudby, tj. obvody spínání triaků, je napájena druhým samostatným vinutím transformátoru TR. Střídavé napětí je usměrněno diodou D2 a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C18. Filtrované napětí je opět stabilizováno plastovým stabilizátorem napětí IO5, který má ze strany plošných spojů na své vývody připájeny blokovací keramické kondenzátory pro zlepšení stability zapojení a odstranění možnosti vzniku kmitání. K výstupu stabilizátoru IO5 je pro rovnoměrné proudové zatížení jednotlivých vinutí napájecího transformátoru ještě připojena signalizační svítivá dioda zelené nebo žluté barvy přes ochranný rezistor R25, kterým nastavíme odebíraný proud na 15 mA.

Filtry jednotlivých kanálů jsou nastaveny na přibližně tento kmitočet:

basy - kmitočet kanálu 40 Hz až 600 Hz, barva žárovky červená
střed - kmitočet kanálu 900 Hz až 3 kHz, barva žárovky žlutá
výšky - kmitočet kanálu 3,5 kHz až 15 kHz, barva žárovky zelená
inverzní kanál - barva žárovky modrá

Pokud chcete zvolit jiné vhodnější kmitočty, lze postupovat buď matematicky, pak je nutno uvažovat se středním propustným pásmem filtru při poklesu signálu o 3 dB, nebo metodou pokusu a měření konkrétního daného zapojení kmitočtového filtru.

Na desce s plošnými spoji je pro odstranění parazitních signálů navíc zapojen rezistor R0 a elektrolytický kondenzátor C6.

Stavba a oživení nečiní vůbec žádné obtíže a nená žádné úskalí nebo záležitosti. Před zahájením montáže je nutno zkontrolovat plošné spoje opticky na možné přerušení a nebo trhliny a můstky a pasívní součástky proměřit na svod nebo přerušení. Taktéž je vhodné proměřit statický zesilovací činitel tranzistorů. Pro snazší oživení je vhodné použít předepsané typy, které již nevyžadují nastavování pracovních bodů příslušnými rezistory. Jedná se o rezistory R2, R5, R22, R25, R32, R35.

Po osazení a zapájení součástek, bychom měli naměřit asi 6 V (5 až 6 V) (stejnoseměrné napětí) v těchto měřících bodech:

IO1 - vývod č. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12;

tranzistory - kolektor T1, T21, T31;
tranzistory - emitor T2, T22, T32, T6;
střídavé napětí na elektrolytickém kondenzátoru C5, C25, C35 by se mělo při běžcích potenciometru na horním koni odporové dráhy, tj. „vytvořených“ doprava, měnit od 0 do 6 V.

Vstupní citlivost je uvažována mezi 150 až 250 mV. Pokud chcete zapojit barevnou hudbu na výstupní svorky reproduktorových soustav, lze tak uči-

nit, je však nutno zmenšit vysokou napětovou úroveň rezistorem, který se zapojí do společného bodu sčítacích rezistorů R51, R61 a C51. Druhý vývod tohoto rezistoru zapojíme na GND1, tj. vývod č. 2 vstupního konektoru DIN.

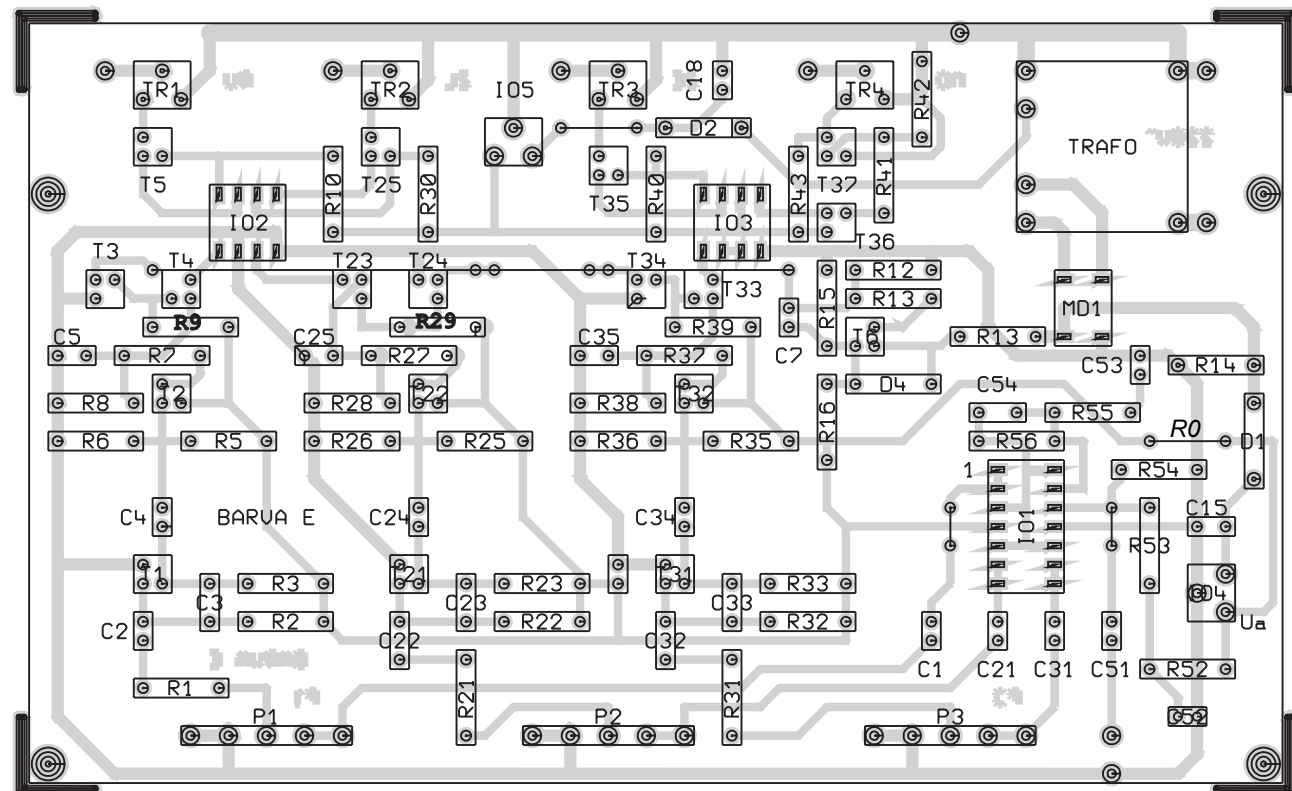
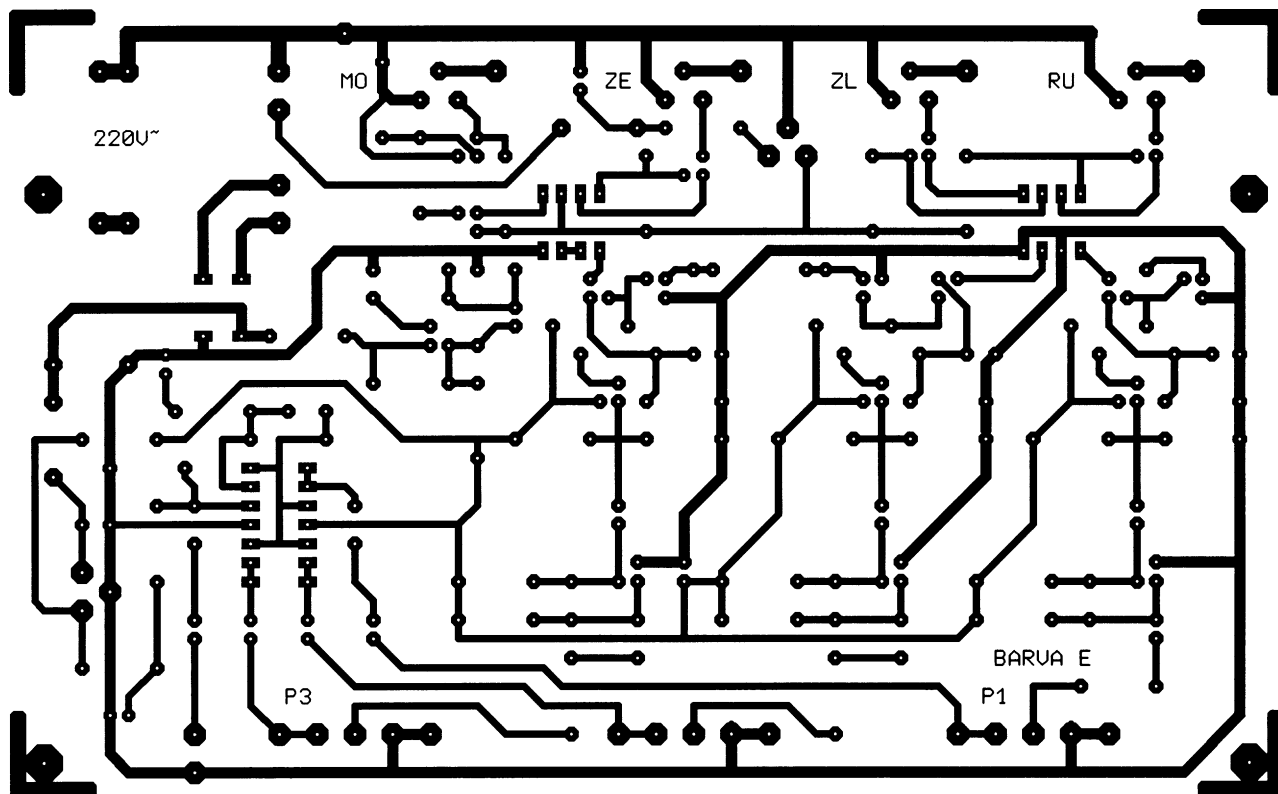
Deska s plošnými spoji je na obr. 60 a rozložení součástek na obr. 61.

Seznam součástek

Polovodičové součástky

| | |
|----------|----------------------------------|
| IO1 | LM324 (BM324, TL084, TL074) |
| IO2, IO3 | PC827 (2xPC817, PC826, 2x PC816) |
| IO4, IO5 | LM7812 (MA7812) |
| MD1 | B250C100 DIL |
| D1, D2 | 1N4002 (KY130/80) |

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| D3 | LED zelená v kolébkovém spínači |
| D4 | 1N4148 (KA 06, 222 ..) |
| T1, T2, T21, T22, T31, T32 | KC238B (KC508) |
| T5, T25, T35, T36 | KC237B (KC507) |
| T3, T4, T6, T23, T24, T33, T34 | KC307B (KC308B) |
| T37 | BS 108 |
| TR1 až TR4 | T410/800V (TIC206M) |



Obr. 60, 61. Deska s plošnými spoji barevné hudby E a deska, osazená součástkami (včetně součástek napájecího zdroje)

Rezistory RR 0,6 W/1 %

| | |
|------------------------|--|
| R51, R61 | 56 k Ω (47 až 68 k Ω) |
| R0, R11 | 10 Ω |
| R52 | 18 k Ω |
| R53 | 82 k Ω |
| R54, R56, R42 | 100 k Ω |
| R55, R3, R23, R33 | 3,3 k Ω (3,9 k Ω) |
| R1, R14, R21, R31, R41 | 2,2 k Ω (2,2 až 4,7 k Ω) |
| R2, R22, R32 | 820 k Ω^* (nastavení $U_{ce} = 6$ V) |
| R5, R25, R35 | 27 k Ω^* (nastavení $U_e = 6$ V) |
| R6, R26, R36 | 22 k Ω |
| R7, R27, R37 | 22 Ω (22 až 33 Ω) |
| R8, R28, R38 | 10 k Ω |
| R9, R29, R39 | 1,5 k Ω |
| R10, R30, R40, R43 | 1 k Ω |
| R15, R16 | 4,7 k Ω |
| R12 | 2,7 k Ω |
| R25 | 820 Ω |

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

| | |
|-------------------------------------|--|
| C51, C1, C21, C31, C4, C24, C34, C2 | 4,7 μ F/35 V |
| C52, C53, C7 | 22 μ F/25 V |
| C6, C15, C18 | 100 μ F/25 V |
| C5, C25, C35 | 220 μ F/10 V (100 μ F/25 V) |

ostatní kondenzátory

| | |
|--------------------|---------------------|
| C3 | 470 nF, TC 35. |
| C22 | 220 nF, TC35. |
| C23 | 68 nF, TC35. |
| C32 | 10 nF, TC35. |
| C33 | 1 nF, TC35. |
| C54 | 33 pF/40 V, TK |
| C16, C17, C19, C20 | 100 nF/40 V, TK |
| C14 | 33 nF/630 V, TC 208 |

Ostatní součástky

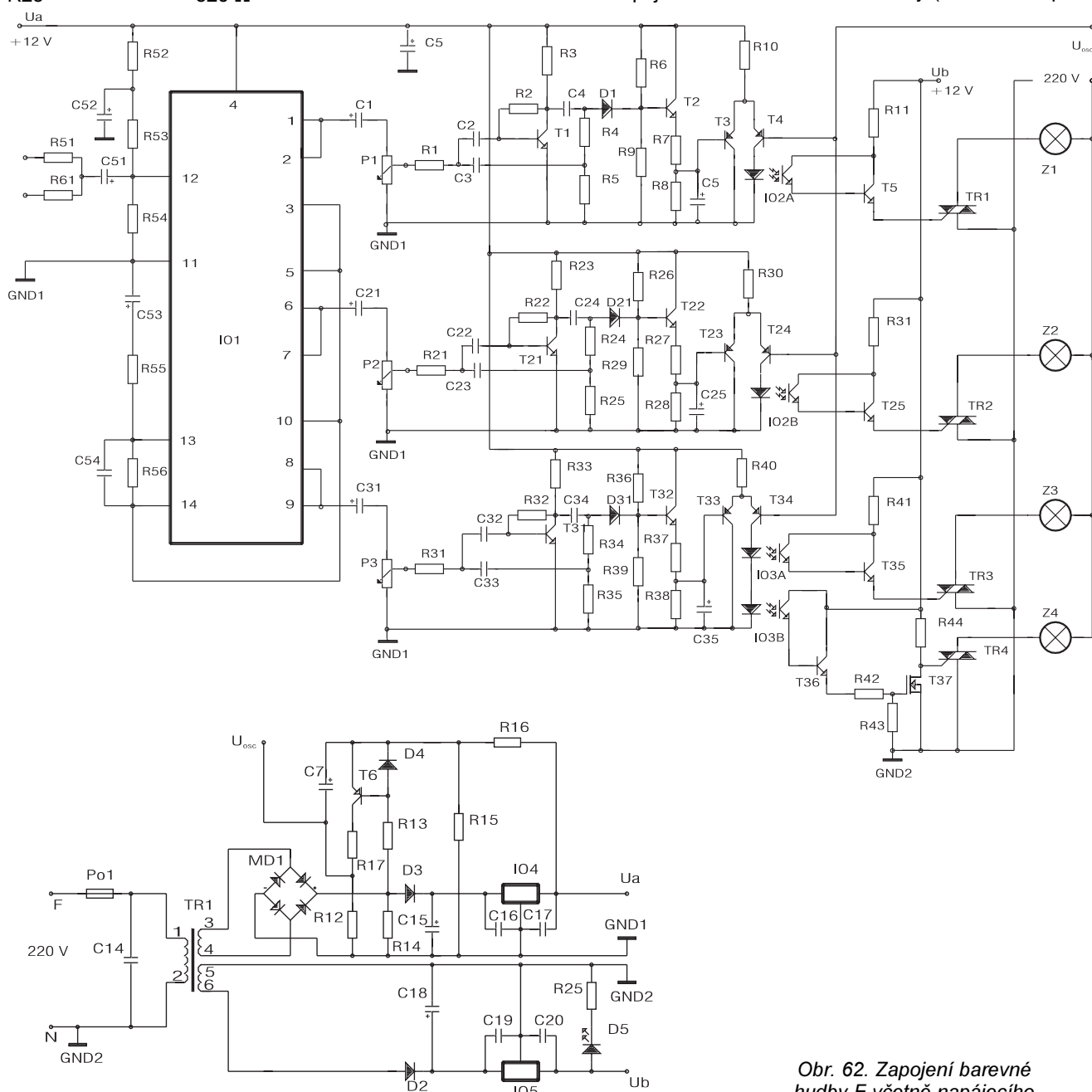
| | |
|------------|---|
| P1, P2, P3 | 10 k Ω /N (25 k Ω /N), TP 160A/32B |
| Po1 | 630 mA - trub. pojistka |

TR

transformátor 2,5 VA,
230 V/12 V do plošných spojů
deska s plošnými spoji, distanční
sloupky, propojovací káblíky, knoflíky,
spojovací materiál

Barevná hudba F

Schéma zapojení je na obr. 62. Vstupní signál z univerzálního výstupu nízkofrekvenčního zařízení je veden na slučovací rezistory R51, R61, které jsou součástí vstupního konektoru DIN. Sloučený nízkofrekvenční signál postupuje přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C51 na čtyřnásobný operační zesilovač. Jeden z operačních zesilovačů se používá k zesílení užitečného signálu na požadovanou úroveň pro dobrou činnost dalších obvodů barevné hudby (zesilovač napě-



Obr. 62. Zapojení barevné hudby F včetně napájecího zdroje

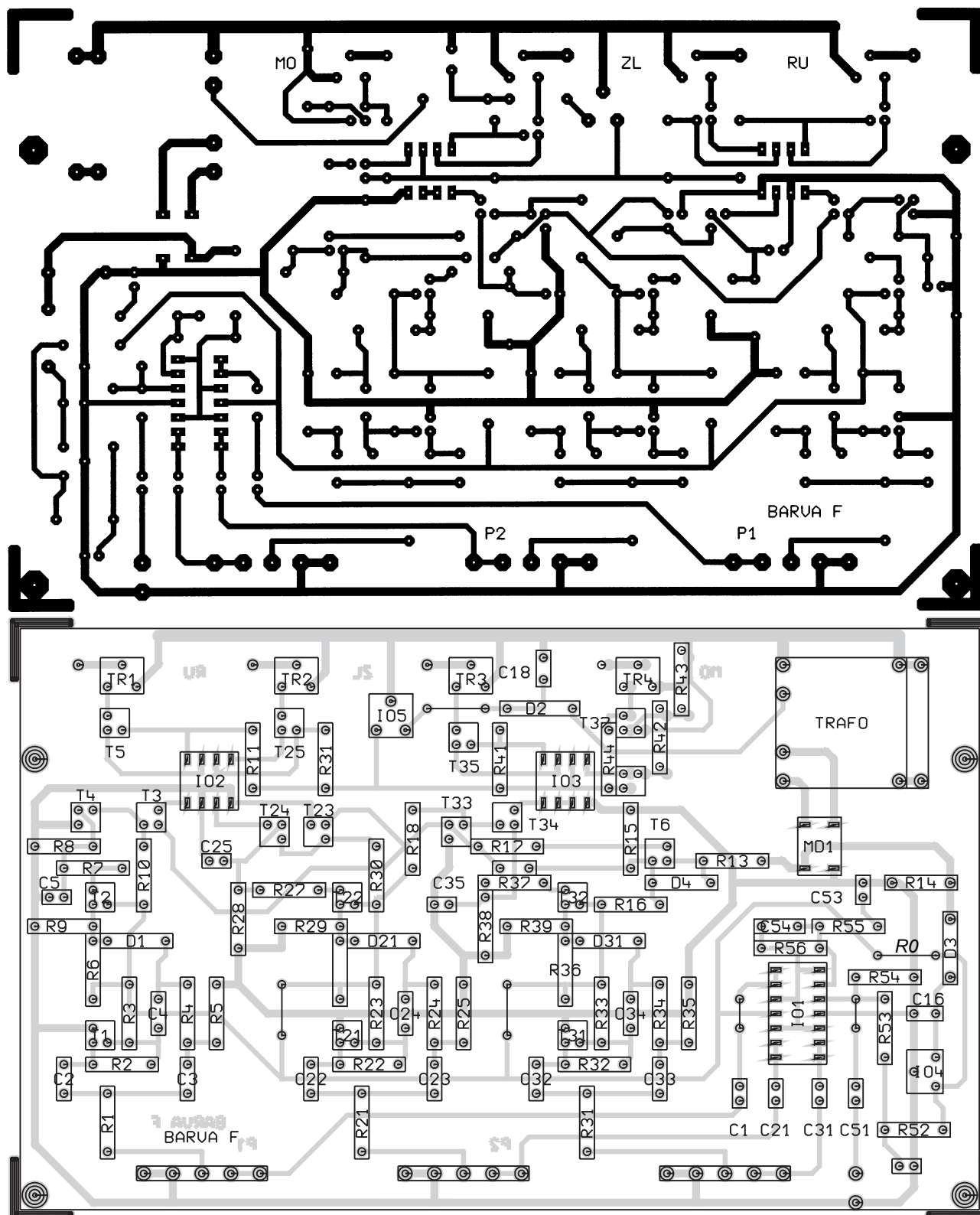
ti) a další tři operační zesilovače jsou využity jako „emitorové“ sledovače k oddělení a vzájemnému neovlivňování jednotlivých kmitočtových kanálů.

Předpětí pro neinvertující vstup IO1A je zabezpečeno odporovým děličem s rezistory R52, R53 a R54. Pro potlačení nežadoucích signálů přicházejících po napájecí lince je v děliči napětí zapojen elektrolytický kondenzátor C52. Zesílení zesilovače napětí s prvním operačním zesilovačem je

nastaveno děličem s rezistory R56 a R55 a je zhruba 30. Nezbytné galvanické oddělení je zabezpečeno elektrolytickým kondenzátorem C53. Stabilitu v nadkustickém pásmu zlepšuje keramický kondenzátor C54, který velice účinně potlačuje případné kmitání. Další tři operační zesilovače, tj. IO1B, IO1C a IO1D jsou zapojeny jako „emitorové“ sledovače se zesílením asi 1. Protože jsou na předcházející zesilovací stupeň vázány stejno-

směrně, je na výstupech zesilovačů polovina napájecího napětí, tj. 6 V.

Zapojením je tedy přicházející nízkofrekvenční signál rozdělen na tři samostatné, na sobě nezávislé kmitočtové kanály se stejnou signálovou úrovní užitečného signálu. Ke galvanickému oddělení elektrických potenciálů jsou v zapojení použity elektrolytické kondenzátory C1, C21 a C31. Úroveň užitečného signálu můžeme řídit v každém kanálu samostatně po-



Obr. 63, 64. Deska s plošnými spoji barevné hudby F a její osazení součástkami (včetně součástek zdroje)

tenciometry P1 až P3, aniž by se při změně řídicího napětí v jednom kanálu měnilo napětí v kanálu druhém.

Barevná hudba F je rozdělena na tři kmitočtové kanály s inverzní barvou v kanálu výšek. Pro jednoduchost a snadnější vysvětlení principu si popíšeme kanál pro výšky s připojením inverzní žárovky.

Užitečný signál z potenciometru P3 je veden přes omezovací rezistor R31 na aktivní filtr. Použité aktivní filtry využívají tranzistorů a filtry jsou oproti předcházející konstrukci zapojeny poněkud odlišným způsobem. Pro dobrou činnost barevné hudby stačí volit selektivitu pásmového filtru 6 dB/oktávu. Kmitočtové pásmo výšek určují hlavně kondenzátor C34 a rezistor R34: Kondenzátor C34 určuje dolní mezní kmitočet přenášeného pásma a rezistor R34 horní mezní kmitočet tohoto kanálu. Kondenzátory C32, C33 jsou kondenzátory vazebními a jejich kapacita je přibližně 10x větší, než kapacita kondenzátoru C34. Výhoda aktivního filtru spočívá i v tom, že zesiluje signály vybraných kmitočtů, určené pro další zpracování, a potlačuje signály kmitočtů mimo vybrané pásmo.

Vybraný a zesílený signál je usměrněn diodou D31 a vstupuje do usměrňovacího filtru, tvořeného tranzistorem T32. Nezbytné předpětí báze je nastaveno odporovým děličem s tranzistory R36 a R39; zároveň je tímto děličem nastaveno klidové napětí na elektrolytickém kondenzátoru C35. Je-li na bázi T32 kladná půlvlna střídavého napětí, tranzistor se skokem otevře a napětí na C35 se zvětší o mezivrcholové vstupní střídavé napětí. Při záporné půlvlně je tranzistor uzavřen a C35 se vybíjí přes rezistor R38. Rezistor R37 zabraňuje zničení tranzistoru před proudovými nárazy při nabíjení kondenzátoru.

Z kondenzátoru C35 je užitečný signál veden do diferenčního zesilovače, který je tvořen tranzistory T33 a T34. K bázi T34 je připojen výstup oscilátoru a k bázi T33 výstup předcházejícího usměrňovače. Otevřen je vždy ten tranzistor, na jehož bázi je menší napětí vzhledem k zemi. To znamená, že T34 se otevře, bude-li úroveň napětí z oscilátoru menší než úroveň napětí dodávaného usměrňovačem z předcházejícího obvodu.

V kolektoru T34 jsou zapojeny LED diody optočlenů, které jednak galvanicky oddělují potenciály v barevné hudbě a jednak přenášejí užitečný signál do dalších obvodů barevné hudby. Klidový proud těchto diod je nastaven rezistorem R40. Vede-li T34, rozsvítí se diody v IO3A a IO3B. Osvícením bazového přechodu optotranzistoru se tranzistor uvede do vodivého stavu a sepne výkonový tran-

zistor T35, který sepne triak TR3 a tím se rozsvítí žárovka zelené barvy. Spínací proud řídicí elektrody triaku je nastaven rezistorem R41.

Inverzní modrá barva pracuje na trochu jiném principu. Řídicí elektroda triaku TR4 je přes ochranný rezistor R44, který určuje její spínací proud, trvale připojena ke zdroji napájecího napětí. Pro zhasínání této inverzní žárovky je s úspěchem použit tranzistor typu V-MOS. Pro jednoduchost zapojení byl vybrán právě tento obvod. Z emitoru T36 je přes ochranný rezistor R42 řízena elektroda tranzistoru T37, která má ve svém obvodu pro spolehlivé spínání zapojen rezistor R43. Oscilátor je osazen tranzistorem T6 a dodává záporné napětí pilovitého průběhu synchronní s napětím sítě. Prochází-li sinusovka síťového napětí nulou, je napětí na rezistoru R14 menší než 6 V a přes R13 se otevírá tranzistor T6. Elektrolytický kondenzátor C7 se rychle vybije přes rezistor R12. Zvětší-li se napětí na R14 nad 6 V, tranzistor T6 se okamžitě uzavře a elektrolytický kondenzátor C7 se začne přes rezistor R12 pomalu nabíjet. Děj se opakuje v každé půlperiódě síťového napětí na sekundární straně transformátoru TR.

Výstupní napětí pilovitého průběhu má amplitudu asi 1 V. Dioda D4 chrání přechod báze-emitor tranzistoru T6 před proražením.

Napájení barevné hudby je řešeno velice úsporným způsobem. Na primární straně malého transformátoru, určeného pro plošné spoje, je zapojen kolébkový spínač s vestavěnou LED D3, trubičková skleněná pojistka 5x20 mm a odušňovací kondenzátor C14. Protože zapojení využívá ke galvanickému oddělení síťového napětí optočleny, je pro spínání síťových žárovek využito triaků a žárovky nejsou připojovány na robustní oddělovací transformátor. Tím se ovládací panel stal z hlediska rozměrů malý a lehký.

První část barevné hudby je napájena z usměrňovače MD1, který je zároveň využit i pro snímání oscilátorového napětí. Přes oddělovací diodu D1 je usměrněné tepavé napětí filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C16. Toto filtrované stejnosměrné napětí je stabilizováno plastovým stabilizátorem IO4. K výstupním svorkám stabilizátoru jsou ze strany plošných spojů připájeny blokovací keramické kondenzátory C16, C17. Výstupní napětí 12 V je zároveň využito pomocí odporového děliče s rezistory R15 a R16 k napájení emitoru tranzistoru T6 v obvodu oscilátoru.

Sílová část barevné hudby, tj. obvody spínání triaků, je napájena druhým samostatným vinutím transformátoru TR. Střídavé napětí je usměrněno diodou D2 a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C18. Filtrované napětí je opět stabilizováno plastovým stabilizátorem napětí IO5, který má ze strany plošných spojů na

své vývody připájeny blokovací keramické kondenzátory pro zlepšení stability zapojení a odstranění možnosti vzniku kmitání v nadakustickém pásmu, které se projevuje zvýšeným ohřevem integrovaného stabilizátoru napětí. K výstupu stabilizátoru IO5 je pro rovnoměrné proudové zatížení jednotlivých vinutí napájecího transformátoru ještě připojena signalizační LED zelené nebo žluté barvy provozu přes ochranný rezistor R25, kterým nastavíme procházející proud na 15 mA.

Filtry jednotlivých kanálů jsou nastaveny na přibližně tento kmitočet:

basy - kmitočet kanálu 40 až 600 Hz,
barva žárovky červená

střed - kmitočet kanálu 0,9 až 3 kHz,
barva žárovky žlutá

výšky - kmitočet kanálu 3,5 až 15 kHz,
barva žárovky zelená

inverzní kanál - barva žárovky modrá

Pokud chcete zvolit jiné vhodnější kmitočty, lze postupovat buď matematicky, při čemž je nutno uvažovat se středním propustným pásmem filtru při zmenšení signálu o 3 dB, nebo metodou pokusu a měření v konkrétním daném zapojení kmitočtového filtru.

Na desce s plošnými spoji je pro odstranění parazitních signálů navíc zapojen rezistor R0 a elektrolytický kondenzátor C6.

Stavba a oživení nečiní vůbec žádné obtíže a nemá žádné úskalí nebo záludnosti. Před zahájením montáže nutno zkontrolovat plošné spoje na možné přerušení nebo trhliny či můstky a pasívní součástky proměřit na svod nebo přerušení. Taktéž je vhodné proměřit staticky zesilovací činitel tranzistorů. Pro snazší oživení je vhodné použít předepsané typy tranzistorů, které již nevyžadují nastavovat pracovní body příslušnými rezistory. Jedná se o rezistory R2, R6, R22, R26, R32, R36.

Po osazení a zapájení součástek bychom měli naměřit stejnosměrné napětí asi 6 V (5 až 6 V) v těchto měřících bodech:

IO1 - vývod č. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
12;

tranzistor - kolektor T1, T21, T31;
tranzistor - emitor T2, T22, T32, T6;
střídavé napětí na elektrolytickém kondenzátoru C5, C25, C35 se má při běžících potenciometrech nastavených zcela vpravo měnit od 0 do 6 V (efektivní hodnota napětí) při průchodu užitečného signálu.

Vstupní citlivost je uvažována mezi 150 až 250 mV. Pokud chcete zapojit barevnou hudbu na výstupní svorky reproduktorových soustav, lze tak sice učinit, ale je nutno zmenšit napětíovou úroveň rezistorem, který se zapojí do společného bodu sčítacích rezistorů R51, R61 a C51. Druhý vývod tohoto rezistoru zapojíme na GND1 tj. na vývod č. 2 vstupního konektoru DIN.

Deska s plošnými spoji je na obr. 63 a rozložení součástek na obr. 64.

Seznam součástek

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Polovodičové součástky | |
| IO1 | LM324 (BM324, TL084, TL074) |
| IO2, IO3 | PC827 (2x PC817, PC826, 2x PC816) |
| IO4, IO5 | LM7812 (MA7812) |
| MD1 | B250C100 DIL |
| D3, D2 | 1N4002 (KY130/80) |
| D5 | LED zelená v kolébkovém spínači |
| D4, D1, D21, D31 | 1N4148 (KA206, 222 ..) |
| T1, T2, T21, T22, T31, T32 | KC238B (KC508) |
| T5, T25, T35, T36 | KC237B (KC507) |
| T3, T4, T6, T23, | |
| T24, T33, T34 | KC307B (KC308B) |
| T37 | BS108 |
| TR1, TR2, TR3, TR4 | T410/800 V (TIC206M) |

Pasívní součástky

Rezistory RR 0,6 W/1 %

| | |
|--|---|
| R51, R61 | 56 k Ω (47 až 68 k Ω) |
| R0, R17 | 10 Ω |
| R52 | 18 k Ω |
| R53 | 82 k Ω |
| R54, R56, R42 | 100 k Ω |
| R55, R3, R23, R33 | 3,3 k Ω (3,9 k Ω) |
| R1, R14, R21, R31, R41 | 2,2 k Ω (2,2 až 4,7 k Ω) |
| R2, R22, R32 | 820 k Ω^* (nastavení $U_{ce} = 6$ V) |
| R4, R24, R34 | 3,9 k Ω |
| R5, R25, R35 | 1,2 k Ω |
| R6, R26, R36 | 27 k Ω^* (nast. U_e) |
| R7, R27, R37 | 22 Ω (22 až 33 Ω) |
| R8, R28, R38 | 10 k Ω |
| R9, R29, R39 | 22 k Ω |
| R10, R30, R40, R43, R11, R31, R41, R44 | 1 k Ω |
| R15, R16 | 4,7 k Ω |
| R12 | 2,7 k Ω |
| R25 | 820 Ω |

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| C51, C1, C21 | 4,7 μ F/35 V |
| C52 | 22 μ F/25 V |
| C6, C15, C18 | 100 μ F/25 V |
| C5, C25, C35 | 220 μ F/10 V (100 μ F/25 V) |

Ostatní kondenzátory

| | |
|--------------------|---------------------|
| C2, C3, C4 | 100 nF, TC 35. |
| C22, C23 | 68 nF, TC 35. |
| C24 | 6,8 nF, TC35. |
| C32, C33 | 10 nF, TC 35. |
| C34 | 1 nF, TC 35. |
| C54 | 33 pF, 40 V, TK |
| C16, C17, C19, C20 | 100 nF, 40 V, TK |
| C14 | 33 nF/630 V, TC 208 |

Ostatní součástky

| | |
|--|--|
| P1, P2, P3 | 10k/N (25k/N), TP 160A/32B |
| Po1 | 630 mA - trubičková pojistka 5x20mm |
| TR | transformátor 2,5 VA, 230/12 V do plošných spojů |
| deska s plošnými spoji, distanční sloupky, propojovací káblíky, knoflíky, spojovací materiál | |

Barevná hudba G

Schéma zapojení je na obr. 65. Vstupní signál z univerzálního výstupu nízkofrekvenčního zařízení je veden na slučovací rezistory R51, R61. Sloučený nízkofrekvenční signál postupuje přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C51 na čtyřnásobný operační zesilovač. První operační zesilovač slouží jako zesilovač užitečného signálu na požadovanou úroveň pro dobrou činnost dalších obvodů barevné hudby. Další tři operační zesilovače jsou využity jako „emitorové“ sledovače k oddělení a vzájemnému neovlivňování jednotlivých kmitočtových kanálů.

Předpětí pro neinvertující vstup IO1A je zabezpečeno rezistorovým děličem R52, R53 a R54. Pro potlačení nežadoucích signálů, které by se mohly vykytovat na přívodech napájecího napětí, je v děliči napětí zapojen elektrolytický kondenzátor C52.

Zesílení napětového zesilovače je nastaveno děličem R56 a R55 a je zhruba 30. Nezbytné galvanické oddělení je zabezpečeno elektrolytickým kondenzátorem C53.

Stabilitu v nadkustickém pásmu zlepšuje keramický kondenzátor C54, který velice účinně potlačuje množnost vzniku nežádoucího rozkmitání. Další tři operační zesilovače, tj. IO1B, IO1C a IO1D jsou zapojeny jako „emitorové“ zesilovače se zesílením asi 1. Jelikož jsou s předcházejícím zesilovací stupněm vázány stejnosměrně, je na jejich výstupech polovina napájecího napětí, tj. 6 V. Tímto zapojením je hudební signál rozdělen na tři samostatné, na sobě nezávislé zvukové kanály se stejnou signálovou úrovní užitečného signálu.

Ke galvanickému oddělení elektrických potenciálů jsou použity elektrolytické kondenzátory C1, C21 a C31. Úroveň užitečného signálu můžeme podle vlastní libovůle řídit v každém kanálu samostatně potenciometry P1 až P3, aniž by se při změně řídicího napětí jednoho kanálu změnilo řídicí napětí kanálu druhého.

Barevná hudba G je rozdělena na tři světelné kanály s inverzní barvou v každém výšce. Pro jednoduchost a snadnější vysvětlení principu si popíšeme kanál pro střední kmitočty.

Užitečný signál z potenciometru P2 je veden přes omezovací rezistor R21 na aktivní filtr, složený z tranzistorů. Kmitočtové pásmo určují hlavně kondenzátory C22, C23, které jsou zapojeny v bázi vstupního tranzistoru T21. Kondenzátor C22 určuje dolní kmitočet přenášeného pásma a kondenzátor C23 horní kmitočet tohoto kanálu. Výhodou aktivního filtru je kromě jiného i to, že zesiluje signály vybraného kmitočtového pásma, určeného pro další zpracování, a potlačuje signály nežadoucích kmitočtů.

Vybraný a zesílený signál je odebrán přes oddělovací kondenzátor C24

do usměrňovacího filtru, tvořeného tranzistorem T22. Nezbytné předpětí báze je nastaveno rezistorovým děličem R25 a R26; zároveň je tímto děličem nastaveno klidové napětí na elektrolytickém kondenzátoru C25. Je-li na bázi T22 kladná půlvlna střídavého napětí, tranzistor se skokem otevře a napětí se na C25 zvětší o mezivrcholovou velikost vstupního střídavého napětí. Při záporné půlvlně je tranzistor uzavřen a C25 se vybíjí přes rezistor R28. Rezistor R27 zabráněje zničení tranzistoru proudovými nárazy při nabíjení kondenzátoru.

Z kondenzátoru C25 je užitečný signál veden do diferenčního zesilovače, který je tvořen tranzistory T23 a T24. K bázi T24 je připojen výstup oscilátoru a k bázi T23 výstup předcházejícího usměrňovače. Otevřen je vždy ten tranzistor, na jehož bázi je menší napětí vzhledem k zemi. To znamená, že T24 se otevře, bude-li úroveň napětí z oscilátoru menší než úroveň napětí dodávaného usměrňovačem z předcházejícího obvodu.

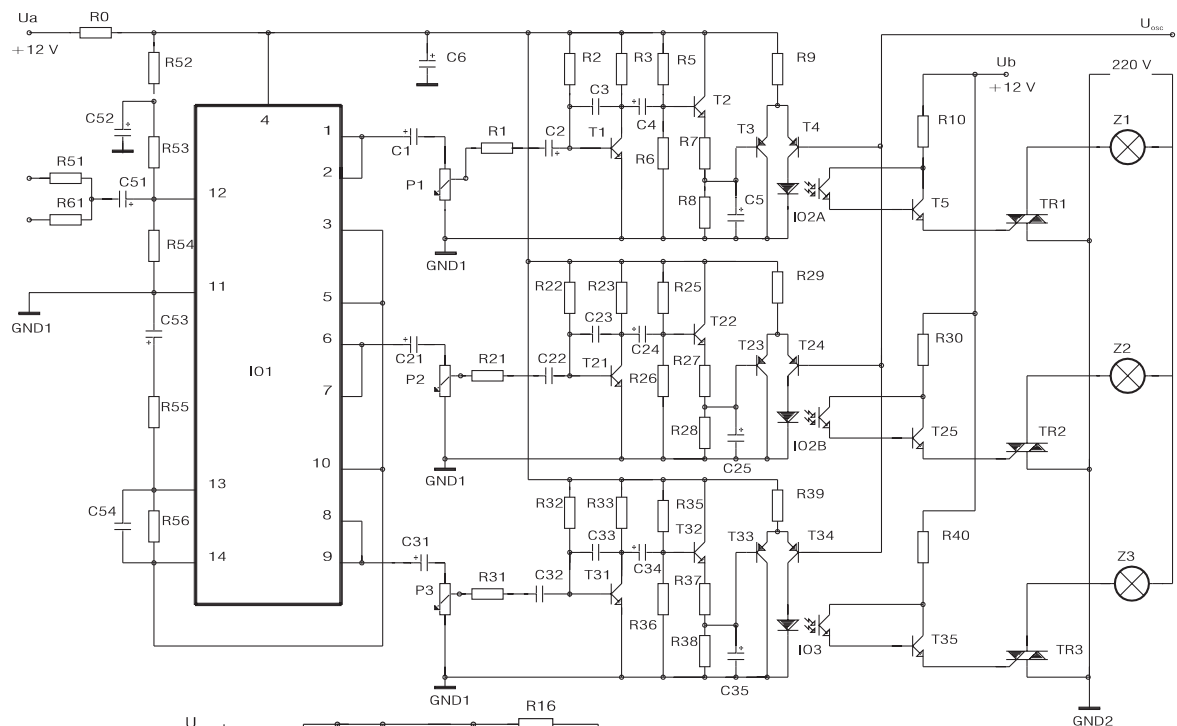
V kolektoru T24 jsou zapojeny LED optočleny, které slouží jednak ke galvanickému oddělení potenciálů v barevné hudbě a jednak k přenosu užitečného signálu do dalších obvodů barevné hudby. Klidový proud těchto diod je nastaven rezistorem R29.

Vede-li T24, rozsvítí se diody v IO2B. Osvícením bazového přechodu optotranzistoru se tranzistor uvede do vodivého stavu a sepne výkonový tranzistor T25, který sepne triak TR2 a tím se rozsvítí žárovka žluté barvy. Spínací proud řídicí elektrody triaku je nastaven rezistorem R30.

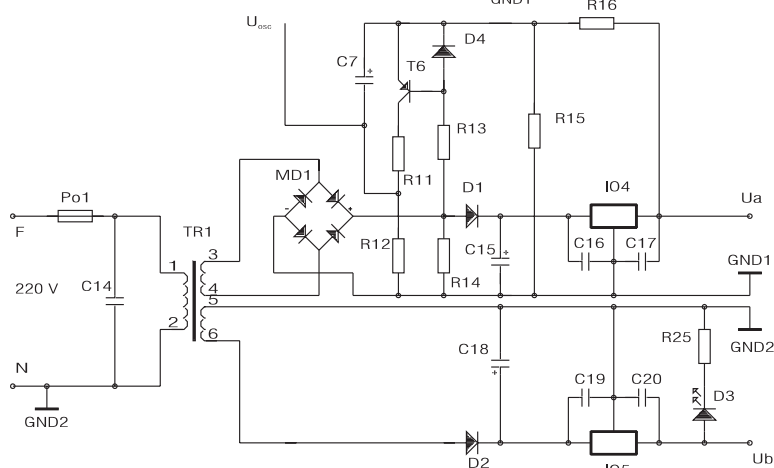
Oscilátor je osazen tranzistorem T6 a dodává záporné napětí pilovitého průběhu synchronní s napětím sítě. Prochází-li sinusovka síťového napětí nulou, je napětí na rezistoru R14 menší než 6 V a přes R13 se otevírá tranzistor T6. Elektrolytický kondenzátor C7 se rychle vybije přes rezistor R11. Zvětší-li se napětí na R14 nad 6 V, tranzistor T6 se okamžitě uzavře a elektrolytický kondenzátor C7 se začne přes rezistor R12 pomalu nabíjet. Děj se opakuje v každé půlperiódě síťového napětí na sekundární straně transformátoru TR.

Výstupní napětí pilovitého průběhu má amplitudu asi 1 V. Dioda D4 chrání přechod báze-emitor tranzistoru T6 před proražením.

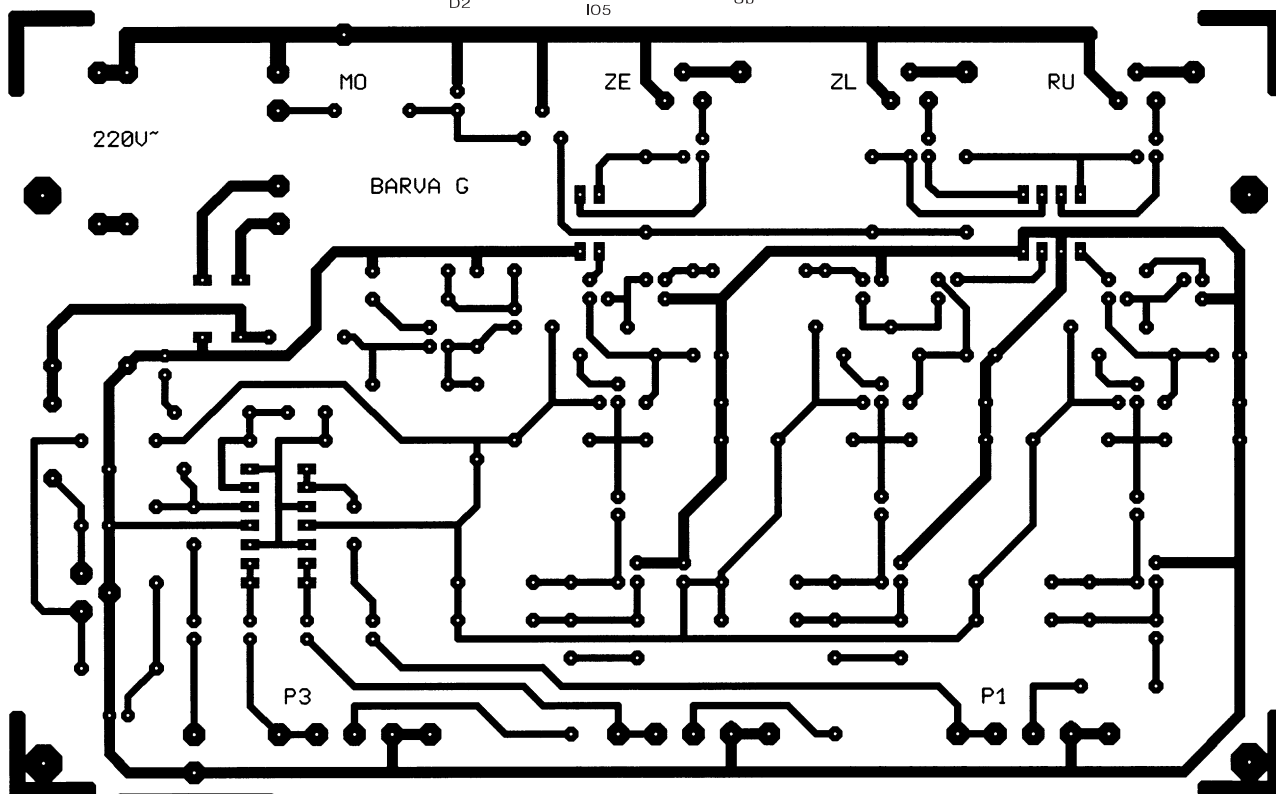
Napájení barevné hudby je řešeno velice úsporným způsobem. Na primární straně malého transformátoru, určeného pro plošné spoje, je zapojen kolébkový spínač s vestavěnou LED D3, trubičková skleněná pojistka 5x20 mm a odrušovací kondenzátor C14. Protože toto zapojení využívá ke galvanickému oddělení síťového napětí optočleny, je pro spínání síťových žá-

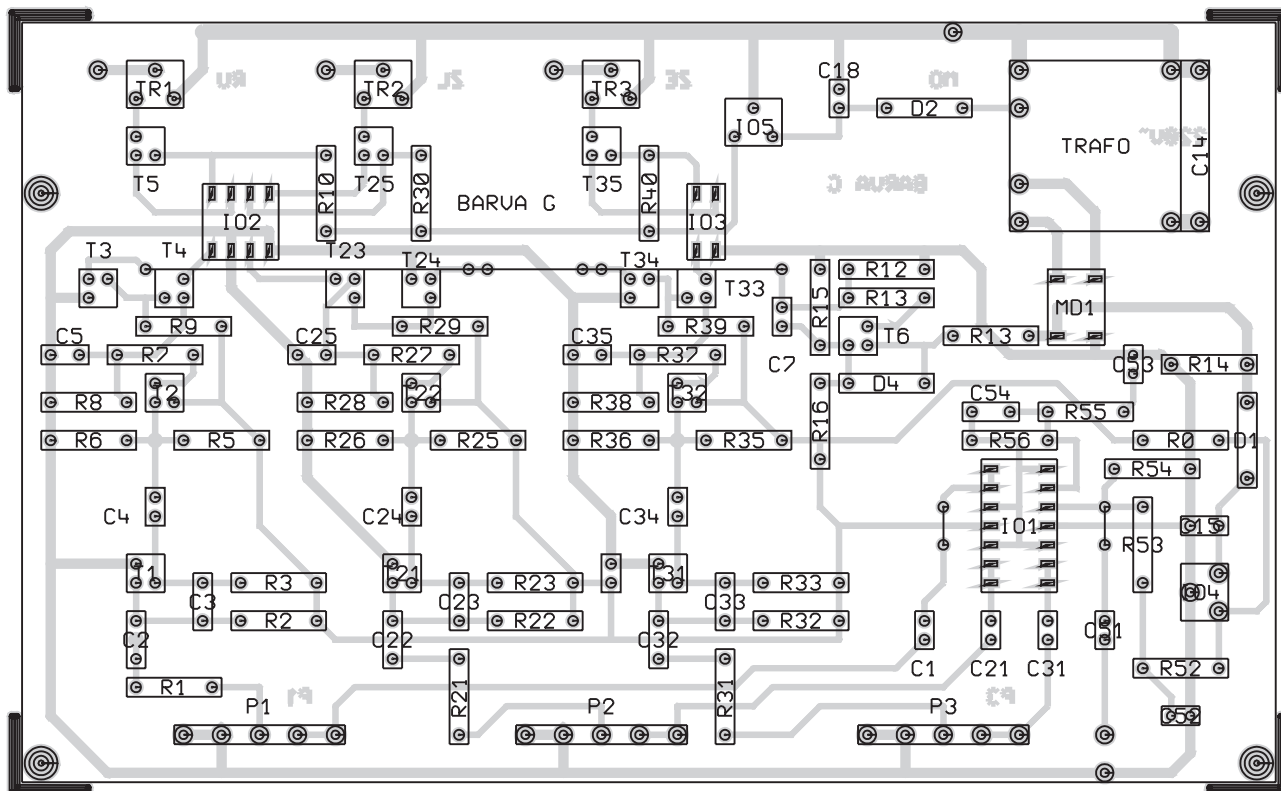


Obr. 65. Zapojení barevné hudby G (nahore) včetně napájecího zdroje (vlevo)



Obr. 66. Deska s plošnými spoji barevné hudby G (na desce jsou i součástky napájecího zdroje (dole))





Obr. 67. Osazená deska barevné hudby G (i se součástkami zdroje)

rovek použito triků a žárovky nejsou připojovány přes oddělovací transformátor. Tím se ovládací panel stal z hlediska rozměrů malý a lehký.

První část barevné hudby je napájená z usměrňovače MDF1, který je zároveň využit i pro snímání oscilátorového napětí. Přes oddělovací diodu D1 je usměrněné tepavé napětí filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C16. Toto filtrované stejnosměrné napětí je stabilizováno plastovým stabilizátorem IO4. K výstupním svorkám tohoto stabilizátoru jsou ze strany plošných spojů připájeny blokovací keramické kondenzátory C16, C17.

Výstupní napětí 12 V je zároveň použito pomocí rezistorového děliče R15 a R16 k napájení emitoru tranzistoru T6 v obvodu oscilátoru.

„Silová“ část barevné hudby, tj. obvodu spínání triků, je napájena druhým samostatným vinutím transformátoru TR. Střídavé napětí je usměrněno diodou D2 a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C18. Filtrované napětí je opět stabilizováno plastovým stabilizátorem napětí IO5, který má ze strany plošných spojů na své vývody připájeny blokovací keramické kondenzátory pro zlepšení stability zapojení a odstranění možnosti vzniku kmitání v nadakustickém pásmu, které se projevuje obvykle zvýšeným ohřevem stabilizátoru napětí.

K výstupu stabilizátoru IO5 je pro rovnoměrné proudové zatížení jednotlivých vinutí napájecího transformátoru ještě připojena signalizační LED zelené nebo žluté barvy (indikuje provoz zařízení) přes ochranný rezistor R25, kterým nastavíme procházející proud na 15 mA.

Filtry jednotlivých kanálů jsou nastaveny na přibližně tyto kmitočty:

basy - kmitočet kanálu 40 až 600 Hz,
barva žárovky červená,
střed - kmitočet kanálu 0,9 až 3 kHz,
barva žárovky žlutá,
výšky - kmitočet kanálu 3,5 až 15 kHz,
barva žárovky zelená nebo modrá.

Pokud chcete zvolit jiné vhodnější kmitočty, lze postupovat buď matematicky, při čemž nutno uvažovat se středním propustným pásmem filtru při zmenšení signálu o 3 dB, nebo metodou pokusu a měření v konkrétním daném zapojení kmitočtového filtru.

Na desce s plošnými spoji je pro odstranění parazitních signálů navíc zapojen rezistor R0 a elektrolytický kondenzátor C6.

Stavba a oživení nečiní vůbec žádné obtíže a nemá žádné úskalí nebo záludnosti. Před zahájením montáže je třeba zkontrolovat plošné spoje na desce opticky či měření na možná přerušení nebo trhliny a můstky. Pasívní součástky je třeba proměřit na svod nebo přerušení. Taktéž je vhodné proměřit statický zesilovací činitel tranzistorů. Pro bezproblémové oživení je vhodné použít předepsané typy tranzistorů, pak již není nutné upravovat nastavení pracovních bodů příslušnými rezistory. Jedná se o rezistory R2, R5, R22, R25, R32, R35.

Po osazení a zapájení součástek bychom měli naměřit stejnosměrné napětí asi 6 V (5 až 6 V) v těchto měřících bodech:

IO1 - vývod č. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12;

tranzistor - kolektor T1, T21, T31;

tranzistor - emitor T2, T22, T32, T6; střídavé napětí na elektrolytickém kondenzátoru C5, C25, C35 by se mělo při běžících potenciometrech zcela vpravo měnit od 0 do 6 V.

Vstupní citlivost je uvažována mezi 150 až 250 mV. Pokud chcete zapojit barevnou hudbu na výstupní svorky reproduktorových soustav, lze tak sice učinit, ale je nutno zmenšit napěťovou úroveň přiváděného signálu rezistorem, který se zapojí do společného bodu sčítacích rezistorů R51, R61 a C51. Druhý vývod tohoto rezistoru zapojíme na GND1, tj. vývod č. 2 vstupního konektoru DIN.

Deska s plošnými spoji je na obr. 66 a rozložení součástek na obr. 67.

Seznam součástek

Polovodičové součástky

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| IO1 | LM324 (BM324, TL084, TL074) |
| IO2, IO3 | PC827 (2x PC817, PC826, 2x PC816) |
| IO4, IO5 | LM7812 (MA7812) |
| MD1 | B250C100 DIL |
| D1, D2 | 1N4002 (KY130/80) |
| D3 | LED zelená v kolébko- vém spínači |
| D4 | 1N4148 (KA206, 222 ..) |
| T1, T2, T21, T22, T31, T32 | KC238B (KC508) |
| T5, T25, T35, T36 | KC237B (KC507) |
| T3, T4, T6, T23, T24, T33, T34 | KC307B (KC308B) |
| TR1, TR2, TR3 | T410/800 V (TIC206M) |

Pasívní součástky

Rezistory RR 0,6 W/1 %

| | |
|--------------------|--|
| R51, R61 | 56 k Ω (47 až 68 k Ω) |
| R0, R11 | 10 Ω |
| R52 | 18 k Ω |
| R53 | 82 k Ω |
| R54, R56 | 100 k Ω |
| R55, R3, R23, R33 | 3,3 k Ω (3,9 k Ω) |
| R1, R14, R21, R31 | 2,2 k Ω (2,2 až 4,7 k Ω) |
| R2, R22, R32 | 390 k Ω * (nastavení $U_e = 6$ V) |
| R5, R25, R35 | 27 k Ω * (nastavení $U_e = 6$ V) |
| R6, R26, R36 | 22 k Ω |
| R7, R27, R37 | 22 Ω (22 až 33 Ω) |
| R8, R28, R38 | 10 k Ω |
| R9, R29, R39 | 1,5 k Ω |
| R10, R30, R40, R43 | 1 k Ω |
| R15, R16 | 4,7 k Ω |
| R12 | 2,7 k Ω |
| R25 | 820 Ω |

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

C51, C1, C21, C31, C4, C24, C34, C2
4,7 μ F/35 V

| | |
|--------------|--|
| C52, C53, C7 | 22 μ F/25 V |
| C6, C16, C18 | 100 μ F/25 V |
| C5, C25, C35 | 220 μ F/10 V (100 μ F/25 V) |

Ostatní kondenzátory

| | |
|--------------------|---------------------|
| C3 | 470 nF, TC 35. |
| C22 | 220 nF, TC35. |
| C23 | 68 nF, TC35. |
| C32 | 10 nF, TC35. |
| C33 | 1 nF, TC35. |
| C54 | 33pF/40 V, TK |
| C16, C17, C19, C20 | 100 nF, 40 V, TK |
| C14 | 33 nF/630 V, TC 208 |

Ostatní součástky

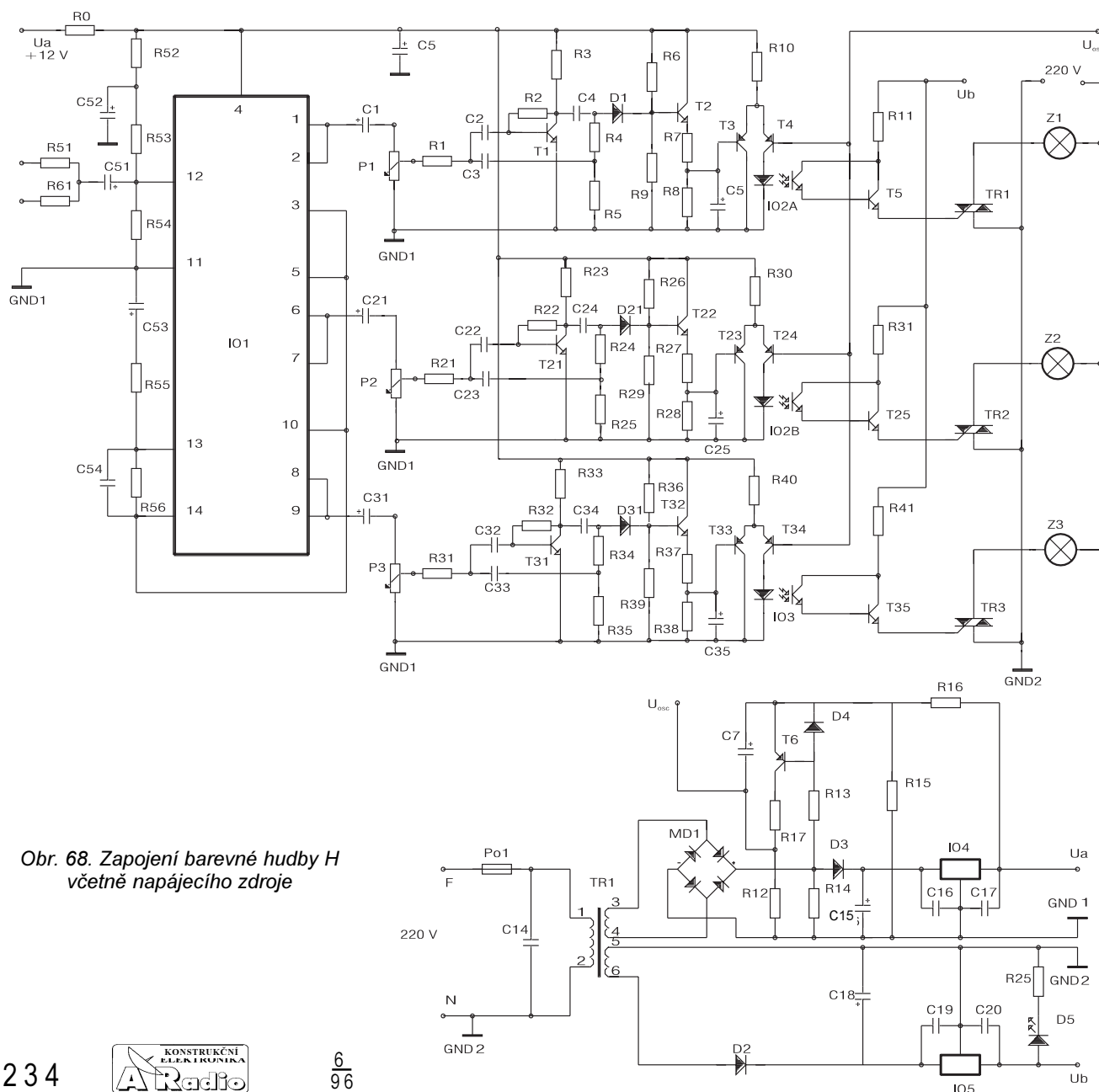
| | |
|------------|---|
| P1, P2, P3 | 10k/N (25k/N), TP 160A/32B |
| Po1 | 630 mA, trubičková pojistka 5x20mm |
| TR | transformátor 2,5 VA, 230/12 V do plošných spojů |

deska s plošnými spoji, distanční
sloupky, propojovací kablíky, knoflíky,
spojovací materiál

Barevná hudba H

Schéma zapojení je na obr. 68. Vstupní signál z univerzálního výstupu nízkofrekvenčního zařízení je veden na slučovací rezistory R51, R61, které jsou součástí vstupního konektoru DIN. Sloučený nízkofrekvenční signál postupuje přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C51 na čtyřnásobný operační zesilovač. U tohoto integrovaného obvodu je využit jeden z operačních zesilovačů k zesílení užitečného signálu na úroveň, požadovanou pro dobrou činnost dalších obvodů barevné hudby. Další tři operační zesilovače jsou využity jako „emitorové“ sledovače k oddělení a vzájemnému neovlivňování jednotlivých kmitočtových kanálů.

Předpětí pro neinvertující vstup IO1A je zabezpečeno rezistorovým děličem R52, R53 a R54. Pro potlačení nežádoucích signálů v rozvodu napájecích napětí, je v děliči napětí zapojen elektrolytický kondenzátor



Obr. 68. Zapojení barevné hudby H
včetně napájecího zdroje

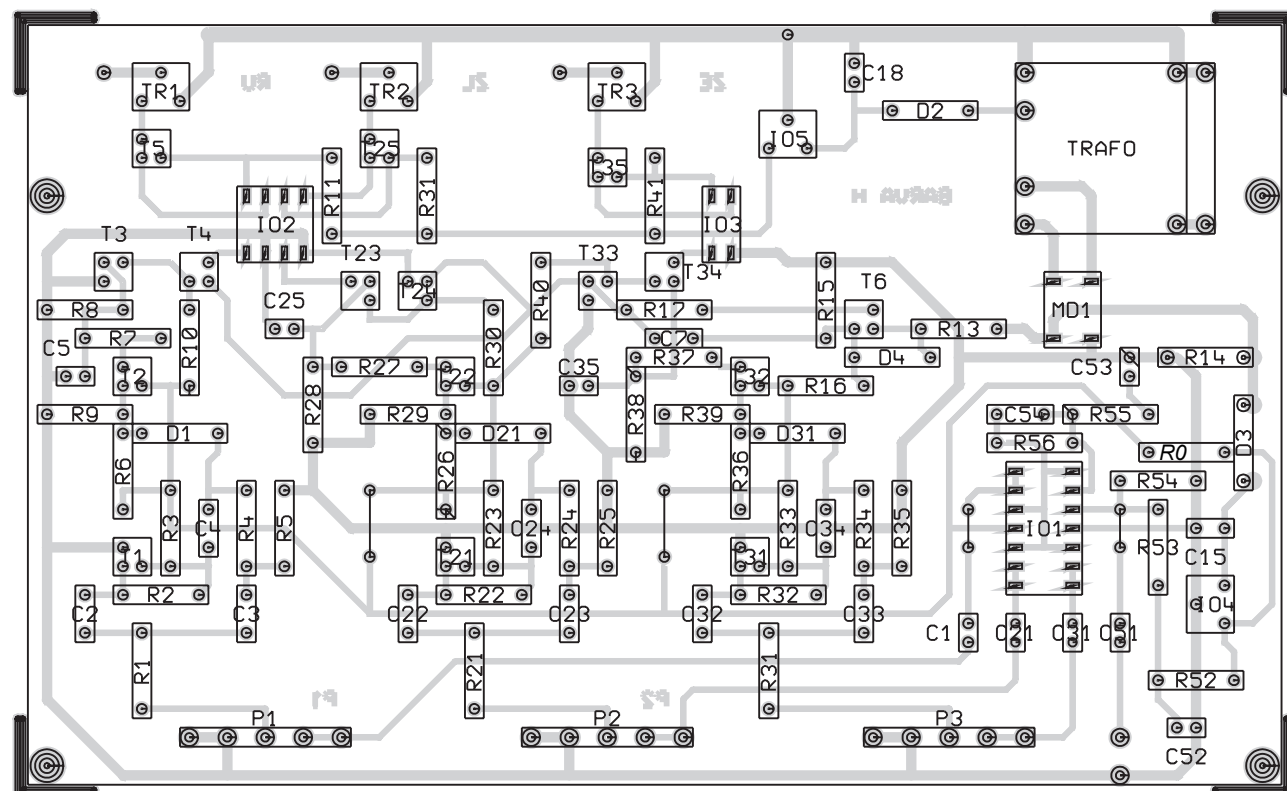
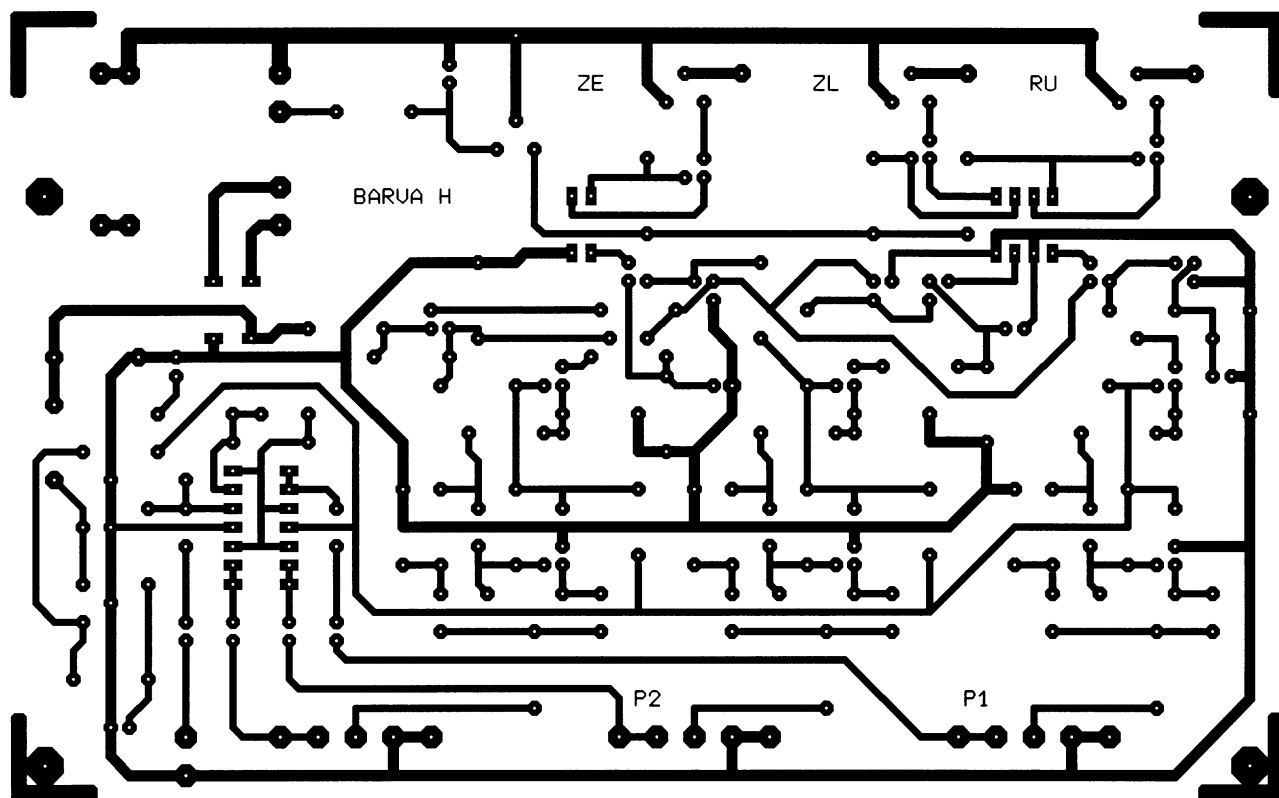
C52. Zesílení napětového zesilovače je nastaveno děličem R56 a R55 a je zhruba 30. Nezbytné galvanické oddělení je zabezpečeno elektrolytickým kondenzátorem C53. Stabilitu v nadkustickém pásmu zlepšuje keramický kondenzátor C54, který velice účinně potlačuje možnost vzniku kmitání.

Další tři operační zesilovače, tj. IO1B, IO1C a IO1D, jsou zapojeny jako „emitorové“ zesilovače se

zesílením asi 1. Jelikož jsou na předcházející zesilovací stupeň vázány stejnosměrně, je na jejich na výstupu polovina napájecího napětí, tj. 6 V. Zapojením je tedy nízkofrekvenční signál rozdělen na tři samostatné, na sobě nezávislé kmitočtové kanály se stejnou signálovou úrovní užitečného signálu. Ke galvanickému oddělení elektrických potenciálů jsou v zapojení použity elektrolytické kondenzátory

C1, C21 a C31. Úroveň užitečného signálu můžeme řídit v každém kanále samostatně potenciometry P1 až P3, aniž by se při změně řídicího napětí jednoho kanálu změnilo řídicí napětí v kanálu druhém.

Barevná hudba H je rozdělena na tři světelné kanály bez inverzní barvy. Pro jednoduchost a snadnější vysvětlení principu si popíšeme kanál pro basy - červenou barvu.



Obr. 69, 70. Deska s plošnými spoji barevné hudby H a její osazení součástkami (včetně součástek zdroje)

Užitečný signál z potenciometru P1 je veden přes omezovací rezistor R1 na aktivní filtr. Aktivní filtr používá jako aktivní polovodičovou součástku tranzistory. Pro dobrou činnost stačí volit selektivitu pásmového filtru 6 dB/oktávu.

Kmitočtové pásmo basů určují především kondenzátor C4 a rezistor R4. Kondenzátor C4 určuje dolní mezní kmitočet přenášeného pásma a rezistor R4 horní mezní kmitočet tohoto kanálu. Kondenzátory C2, C3 jsou kondenzátory vazebními a mají přibližně stejnou kapacitu jako C4. Výhody aktivního filtru byly popsány u předcházejících konstrukcí.

Vybraný a zesílený signál je usměrněn diodou D1 a vstupuje do usměrňovacího filtru, tvořeného tranzistorem T2. Nezbytné předpětí báze je nastaveno rezistorovým děličem R6 a R9 a zároveň je tímto děličem nastaveno klidové napětí na elektrolytickém kondenzátoru C5. Je-li na bázi T2 kladná půlvlna střídavého napětí, tranzistor se skokem otevře a napětí na C5 se zvětší o mezivrcholové vstupní střídavé napětí. Při záporné půlvlně je tranzistor uzavřen a C5 se vybíjí přes rezistor R8. Rezistor R7 zabraňuje zničení tranzistoru před proudovými nárazy při nabíjení kondenzátoru.

Z kondenzátoru C5 je užitečný signál veden do diferenčního zesilovače, který je tvořen tranzistorem T3 a T4. K bázi T4 je připojen výstup oscilátoru a k bázi T3 výstup předcházejícího usměrňovače. Otevřen je vždy ten tranzistor, na jehož bázi je menší napětí vzhledem k zemi. To znamená, že T4 se otevře, bude-li úroveň napětí z oscilátoru menší než úroveň napětí dodávaného usměrňovačem z předcházejícího obvodu.

V kolektoru T4 jsou zapojeny LED optočleny, které slouží jednak ke galvanickému oddělení potenciálů v barevné hudbě a jednak k přenosu užitečného signálu do dalších obvodů barevné hudby. Statický proud těchto diod nastaven rezistorem R10. Vede-li T4, rozsvítí se diody v IO2A. Osvícením bazového přechodu optotranzistoru svitem LED se tento tranzistor uvede do vodivého stavu a sepne výkonový tranzistor T5, který sepne triak TR1; proto se rozsvítí žárovka červené barvy.

Spínací proud řídící elektrody triaku je nastaven rezistorem R11.

Oscilátor je osazen tranzistorem T6 a dodává záporné napětí pilovitého průběhu synchronní s napětím sítě. Prochází-li sinusovka síťového napětí nulou, je napětí na rezistoru R14 menší než 6 V a přes R13 se otevírá tranzistor T6. Elektrolytický kondenzátor

C7 se rychle vybije přes rezistor R12. Zvětší-li se napětí na R14 nad 6 V, tranzistor T6 se okamžitě uzavře a elektrolytický kondenzátor C7 se začne přes rezistor R12 pomalu nabíjet.

Děj se opakuje v každé půlperiodě síťového napětí na sekundární straně transformátoru TR. Výstupní napětí pilovitého průběhu má amplitudu asi 1 V. Dioda D4 chrání přechod báze-emitor tranzistoru T6 před proražením.

Napájení barevné hudby je řešeno velice úsporným způsobem. Na primární straně malého transformátoru, určeného pro plošné spoje, je zapojen kolébkový spínač s vestavěnou LED D3, trubičková skleněná pojistka 5x20 mm a odrušovací kondenzátor C14. Protože jsou v zapojení využity ke galvanickému oddělení síťového napětí optočleny, jsou pro spínání síťových žárovek použity triaky a žárovky nevyžadují nutnost připojit je k síti přes robustní oddělovací transformátor.

Tím se stal ovládací panel z hlediska rozměrů malý a lehký.

První část barevné hudby je napájená z usměrňovače MDF1, který je zároveň využit i pro snímání oscilátorového napětí. Přes oddělovací diodu D1 je usměrněné tepavé napětí filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C16. Toto filtrované stejnosměrné napětí je stabilizováno plastovým stabilizátorem IO4.

K výstupním svorkám stabilizátoru jsou ze strany plošných spojů připájeny blokovací keramické kondenzátory C16, C17.

Výstupní napětí 12 V je zároveň využito pomocí rezistorového děliče R15 a R16 k napájení emitoru tranzistoru T6 v obvodu oscilátoru. Silová část barevné hudby, tj. obvody spínání triaků, je napájena druhým samostatným vinutím transformátoru TR. Střídavé napětí je usměrněno diodou D2 a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C18. Filtrované napětí je opět stabilizováno plastovým stabilizátorem napětí IO5, který má ze strany plošných spojů na své vývody připájeny blokovací keramické kondenzátory pro zlepšení stability zapojení a odstranění možnosti rozkmitání v nadakustickém pásmu - to se obvykle projevuje zvýšeným ohřevem pouzdra integrovaného stabilizátoru napětí.

K výstupu stabilizátoru IO5 je pro rovnoměrné proudové zatížení jednotlivých vinutí napájecího transformátoru ještě připojena signalizační LED zelené nebo žluté barvy (indikuje provoz zařízení) přes ochranný rezistor R25, kterým nastavíme proud svítivou diodou na 15 mA.

Filtry jednotlivých kanálů jsou nastaveny na přibližně tento kmitočet:

basy - kmitočet kanálu 40 až 600 Hz, barva žárovky červená,
střed - kmitočet kanálu 0,9 až 3 kHz, barva žárovky žlutá,
výšky - kmitočet kanálu 3,5 až 15 kHz, barva žárovky zelená nebo modrá.

Chcete-li zvolit jiné, vhodnější kmitočty, lze postupovat buď matematicky a uvažovat při tom se středním propustným pásmem filtru při zmenšení signálu o 3 dB, nebo metodou pokusu a měření v konkrétním daném zapojení kmitočtového filtru.

Na desce s plošnými spoji jsou pro odstranění parazitních signálů navíc zapojeny rezistor R0 a elektrolytický kondenzátor C6.

Stavba oživení nečiní žádné obtíže a nemá žádná úskalí nebo záludnosti. Před zahájením montáže je však nutné zkontrolovat plošné spoje opticky na možná přerušení nebo trhliny a můstky a pasívní součástky proměřit na svod nebo přerušení. Taktéž je vhodné proměřit statický zesilovací činitel tranzistorů. Pro snazší oživení je vhodné použít předepsané typy, které již nevyžadují nastavování pracovních bodů příslušnými rezistory. Jedná se o rezistory R2, R6, R22, R26, R32, R36.

Po osazení a zapájení doučástek, bychom měli naměřit stejnosměrné napětí asi 6 V (5 až 6 V) v těchto měřících bodech:

IO1 - vývod č. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12,

tranzistor - kolektor T1, T21, T31,
tranzistor - emitor T2, T22, T32, T6,
střídavé napětí na elektrolytických kondenzátorech C5, C25, C35 by se mělo při běžících potenciometrech nastavených zcela vpravo na doraz měnit od 0 do 6 V při průchodu užitečného signálu.

Vstupní citlivost je uvažována mezi 150 až 250 mV. Pokud chcete zapojit barevnou hudbu na výstupní svorky reproduktorových soustav, lze tak učinit, je však nutné zmenšit napětíovou úroveň přiváděného signálu rezistorem, který se zapojí do společného bodu sčítacích rezistorů R51, R61 a kondenzátoru C51. Druhý vývod tohoto rezistoru zapojíme na GND1, tj. vývod č. 2 vstupního konektoru DIN.

Deska s plošnými spoji je na obr. 69 a rozložení součástek na obr. 70.

Seznam součástek

Polovodičové součástky

| | |
|----------|------------------------------------|
| IO1 | LM324 (BM324, TL084, TL074) |
| IO2, IO3 | PC827 (2x PC817, PC 826, 2x PC816) |
| IO4, IO5 | LM7812 (MA7812) |
| MD1 | B250C100DIL |
| D3, D2 | 1N4002 (KY130/80) |
| | LED zelená v kolébkovém spínači |

D4, D1, D21, D31 1N4148 (KA206, 222 ..)
 T1, T2, T21, T22, T31, T32 KC238B (KC508)
 T5, T25, T35, T36 KC237B (KC 507)
 T3, T4, T6, T23, T24, T33, T34 KC307B (KC308B)
 TR1, TR2, TR3, TR4 T410/800 V (TIC206M)

Pasivní součástky

Rezistory RR 0,6 W/1 %

R51, R61 56 k Ω (47 až 68 k Ω)
 R0, R17 10 Ω
 R52 18 k Ω
 R53 82 k Ω
 R54, R56, R42 100 k Ω
 R55, R3, R23, R33 3,3 (3,9) k Ω
 R1, R14, R21, R31, R41 2,2 (2,2 až 4,7) k Ω
 R2, R22, R32 390 k Ω^* (nastavení $U_{ce} = 6$ V)
 R4, R24, R34 3,9 k Ω
 R5, R25, R35 1,2 k Ω
 R6, R26, R36 27 k Ω
 R7, R27, R37 22 Ω (22 až 33 Ω)
 R8, R28, R38 10 k Ω
 R9, R29, R39 22 k Ω
 R10, R30, R40, R43, R11, R31, R41, R44 1 k Ω
 R15, R16 4,7 k Ω
 R12 2,7 k Ω
 R25 820 Ω

Kondenzátory elektrolytické typu SKR

C51, C1, C21 4,7 μ F/35 V
 C52 22 μ F/25 V
 C6, C16, C18 100 μ F/25 V
 C5, C25, C35 220 μ F/10 V (100 μ F/25 V)

Ostatní kondenzátory

C2, C3, C4 100 nF, TC 35.
 C22, C23 68 nF, TC35.
 C24 6,8 nF, TC35.
 C32, C33 10 nF, TC35.
 C34 1 nF, TC35.
 C54 33 pF/40 V, TK
 C16, C17, C19, C20 100 nF/40 V, TK
 C14 33 nF, 630 V, TC 208

Ostatní součástky

P1, P2, P3 10k/N (25k/N) TP 160A/32B
 Po1 630 mA, trubičková pojistka 5x20 mm
 TR transformátor 2,5 VA, 230/12 V do plošných spojů

deska s plošnými spoji, distanční sloupky, propojovací kablíky, knoflíky, spojovací materiál

Praktické zkušenosti

Při dodržení zásad správné montáže a při alespoň minimální kontrole pasivních součástek na zkrat a svod a plošných spojů proti světlu na přerušování pracuji barevné hudby bez obtíží při ožiování na první zapojení.

Je jen věcí konstruktéra, pro kterou barevnou hudbu se rozhodne. Doporučuji stavět z hlediska snížení namáhání očí barevné hudby, které mají inverzní barvu. Žárovky je vhodné umístit tak, aby nesvítily přímo do očí.

U všech barevných hudeb není třeba nic nastavovat. Filtry byly navrženy po dlouhodobém zkoušení nejružnějších filtrů a kmitočtů. Domnívám se, že zde předložené návody splňují ty nejnáročnější požadavky na barevnou hudbu.

Světelný panel je možné použít podle vlastní fantazie a umístění. Lze použít barvené, ale i čiré žárovky, umístěné buď v barevných reflektorech nebo s barevnou fólií v ochranném skle. Barevné organické sklo doporučuji jen pro žárovky do příkonu 25 W. Já sám jsem použil reflektorky 40 W dovážené na tuzemský trh z Polska, které jsem umístil do hi-fi stolku v obývacím pokoji. Svítí velice příjemně a mají příznivou cenu. Také se dají použít žárovky od výrobce PHILIPS, které jsou však několikrát dražší. Je možné použít i reflektory do mlhy, které vyrábí Autopal Rychvald a povrch skel nastříkat éterocelulózovým lakem - výrobce Colorlak Uherké Hradiště.

U barevných hudeb, které používají regulaci ve všech kmitočtových kanálech, doporučuji místnost intimně přisvětlit tlumeným světlem.

K odrušení stačí svitkový kondenzátor TC 208/33 nF, který je připojen ze strany plošných spojů přímo na vývody napájecího transformátoru. Skříňku lze použít jak kovovou s třpramennou flexošňurou, tak i z PVC, u něhož stačí již jen dvoupramenná flexošňura.

Zrychlit nebo zpomalit odezvu na průchod signálu a tím zrychlit nebo zpomalit odezvu (blikání) žárovky je možné změnou kapacity kondenzátorů C5, C25, C35. Zvětšováním kapacity se odezva prodlužuje a zmenšováním se dosáhne rychlejšího rozsvěcování a zhasínání žárovek.

Další možnou variantou je čtyřkanálová barevná hudba s oběma typy aktivních filtrů bez připojení inverzní barvy, nebo dokonce čtyřkanálová barevná hudba s inverzní (pátou) barvou. Desku s plošnými spoji by bylo možno řešit tak, že by současný rozměr desek s plošnými spoji zůstal zachován a oscilátor by byl umístěn na samostatné destičce. Se základní deskou by byl propojen kablíky nebo konektorem. Druhé řešení by spočívalo ve zvětšení rozměrů desky s plošnými spoji.

Závěrem chci popřát všem zájemcům o konstrukce mnoho radosti se sestavováním a ožiováním a upozorňuji, že všechny popisované moduly lze objednat jako stavebnice osazené a oživené nebo stavebnice neosazené a neoživené. Cenové relace jednotlivých stavebnic zašlu oproti známce. Korespondenční listky prosím nezasílejte. Chci však všechny upozornit na skutečnost, že případné dotazy stavebnic lze očekávat až asi po 30 dnech od zaslání závazné objednávky na adresu autora. Relativně dlouhé dodací lhůty jsou způsobeny mnoha okolnostmi, na něž mám jen malý (nebo vůbec žádný) vliv - dodávky součástek, dotazy čtenářů apod.

Koupím zlacené konektory URS - TAH 2 (2x13 špiček v černém plastu), KO 48 (4x12 špiček v průhledném plastu) a všechny typy zlacených ruských konektorů, i jiné druhy.
 Informace na tel.: 4026191, p. Hodis, nad Belarií 16, Praha 12, 143 00. Tato nabídka platí stále.

Za přízeň a pozorné čtení jednotlivých řádků až do konce tohoto čísla upřímně děkuje autor

Ing. Zdeněk Zátopek
 Zimmmlerova 27
 700 30 Ostrava-Zábřeh

Použitá literatura

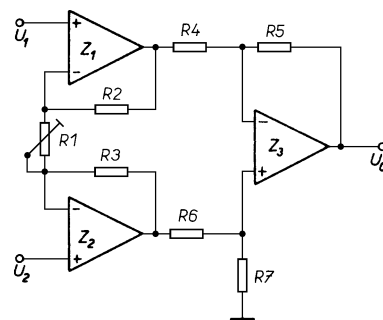
Jurkovič, K.; Zodl, J.: Příručka nízkofrekvenční obvodové techniky.
 Nečásek, S.: Radiotechnika do kapsy. AR-B3, A4, A11, A9, ročníky 1973, 1976, 1990, 1992.
 GM electronic, konstrukční katalog.
 SGS Thomson, konstrukční katalog.
 PHILIPS, konstrukční katalog.
 TESLA, aplikace integrovaných obvodů.

Oprava ke KE3/96

„Zapojení s operačními zesilovači“

V Konstrukční elektronice č. 3/96 si prosím opravte obr. 20, do kterého se mi vloudila chyba, podle obrázku zde uvedeného. Všem čtenářům se velmi omlouvám.

Jaroslav Belza



Obr. 20. Přístrojový zesilovač

HES s.r.o.
OPRAVY
MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ
 ✓ OSCILOSKOPY
 ✓ MULTIMETRY
 ✓ ZDROJE
 ✓ GENERÁTORY
 ✓ ČÍTAČE
 ✓ MĚŘIČE FYZ. VELIČIN

HES s.r.o., Ostopovice
 U dráhy 14, BRNO - venkov
 PSČ 664 41
 tel./fax 05/351373, tel. 352919

Sběrny pro Slovensko:

HES-Zberňa: Tulipánova 3
 841 01 Bratislava
 tel.: 07/761053
 HES-Zberňa: P.O.BOX č. 46
 915 01 Nové Mesto n.Váh.